

NUF4220MNを使用したオーディオ・ラインのESD保護とEMIフィルタリング

背景

携帯電話では、オーディオ性能の向上と高効率を求める要望が高まっており、必然的にオーディオ・ネットワークの大幅な変更が進められています。例えば、スピーカから聞こえるオーディオの品質を向上させるために、携帯電話の製造業者は低インピーダンスのスピーカを使用する必要があります。低インピーダンス・スピーカへの移行に伴う結果の1つは、ネットワークのインピーダンスも同様に小さくする必要があります。これにより、アンプも従来より低いインピーダンスで動作し、理想的な電圧源に似た挙動を示す必要が生じます。ネットワーク・パス内に大きな抵抗が存在する場合は、オーディオ信号が大きく減衰する可能性があります。同様に、オーディオ・ネットワークが従来より高い効率で動作できるように、ネットワーク内の損失を最小限に抑える必要もあります。同時に、携帯電話の設計者は、特にジャックが解放されている状況でオーディオ・パス全体をESD (Electro Static Discharge、静電気放電)から保護し、EMI (Electro Magnetic Interference、電磁気干渉)をフィルタリングで除外することも意識する必要があります。この結果、オーディオ・アンプとスピーカの間でESD保護とEMIフィルタを配置する必要が生じるので、携帯電話の設計者にとって課題が増えます。

NUF4220MNは、オーディオ・ラインごとに2個のツェナーダイオードを配置し、EIC61000-4-2に準拠して15 kV (一定)のESD保護を実現します。また、NUF4220MNは800 MHz~3.0 GHzの間で30dBの減衰を達成すると同時に、約1.2 Ωの低DC抵抗も実現しています。合計4本のラインを備えたNUF4220MNは、オーディオ・ラインでのESD保護とEMIフィルタリングの問題に対して、実現可能な多数のソリューションを提供します。

回路の説明

NUF4220MNは、4組の同一LC (インダクタ - コンデンサ)をベースとするEMIフィルタで形成されています。これらの各フィルタは、Figure 1に示すように、ESD保護を実現すると同時にフィルタリングの目的ではコンデンサとして動作する2個のツェナーダイオードと、1個の直列インダクタで形成されています。各ツェナーダイオードは、バイアス電圧が0 Vの時点では200 pFの静電容量を示し、約7.0 Vの逆方向ブレイクダウン特性を持つ過渡電圧サプレッサ (Transient Voltage Suppressor、TVS)としても動作し



ON Semiconductor®

www.onsemi.jp

APPLICATION NOTE

ます。集積インダクタは5.2 nHのインダクタンスを提供しながら、追加される直列抵抗はわずか1.2 Ωです。NUF4220MNは、ESD保護機能を含む4組のEMIフィルタを単一の2.0×2.0 mm DFN (Figure 2)パッケージに集積し、最大20個の同等部品を置き換えることで大幅な省スペースを実現しています。

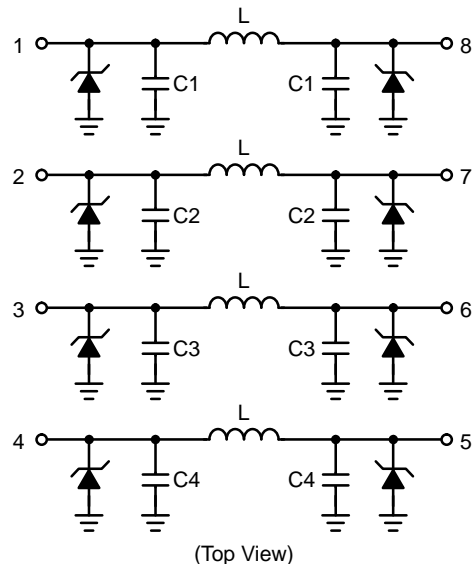


Figure 1. Equivalent Discrete Pi Filter and Pin Out of the NUF4220MN

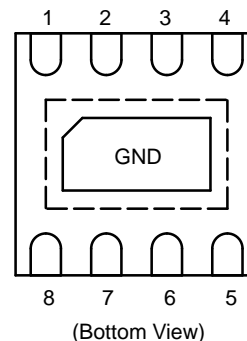


Figure 2. Package View of the NUF4220MN

機能

NUF4220MNの一般的な実装では、ハンズフリー形式のスピーカ/マイク・ヘッドセットを接続するためのジャックなど、既知のESD発生源のできるだけ近くにこのデバイスを配置します。ジャックのすぐ後段にESD保護回路を配置することには、設計上望ましい意味があります。ESDが外部から携帯電話の内部回路に進入できる直接経路は携帯電話にわずかしがなく、ジャックはその1つだからです。15 kVのESD保護と7.0 Vのツェナーダイオードを備えたNUF4220MNは、最も破壊的なESDイベントを除く、あらゆるESDイベントから非常に敏感な部品を保護できます。ESD保護回路が多くのエネルギーに耐えることに加え、ESDを受け入れ可能なレベルに「クランプ」することも重要です。AND8245/Dでは、オーディオ用ESD/EMIフィルタを選択するための多くの要素について説明しています。NUF4220MNはブレイクダウン電圧が7.0 Vなので、

ピーク動作電圧が5.0 Vを超えないアプリケーションに適しています。

また、ヘッドセット用ジャックの後段という同じ場所にEMIフィルタを配置することにも意味があります。これはヘッドセットのイヤープースから携帯電話に向かうワイヤ自体が、アンテナとして機能するためです。この場所にEMIフィルタを配置すると、ヘッドセット用ジャックを経由して受信した導通型EMIを低減し、導通型EMIが携帯電話内部の他の機能に干渉するのを防止できます。

NUF4220MNはさまざまな構成で使用できます。最初の使用法は最も一般的なもので、Figure 3に示すように、スピーカとアンプの間でEMIフィルタリングとESD保護を実現するために2チャンネルを使用し、マイクを保護するために残りの2チャンネルを使用します。この構成は一般的にヘッドセット用ジャックの隣で使用します。

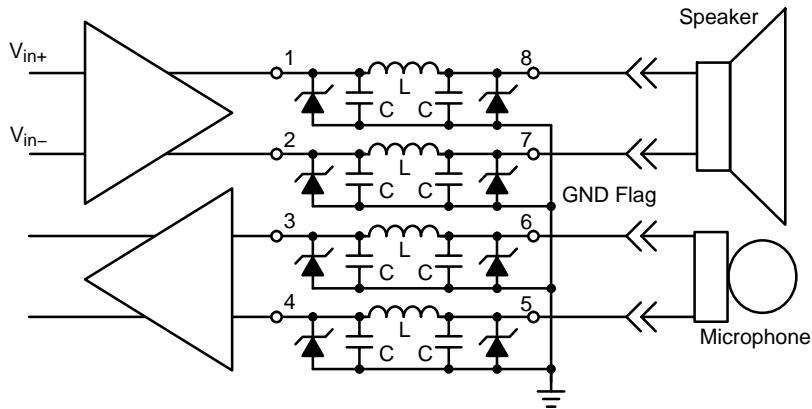


Figure 3. NUF4220MN in Differential Mode Configuration with Speaker Output and Microphone Input in a Typical Configuration

ほとんどの携帯電話で、もはやシングル・スピーカ構成は採用されていません。現在の携帯電話では

一般に、通常のイヤープース・スピーカと併せてハンズフリー・スピーカを採用しています。

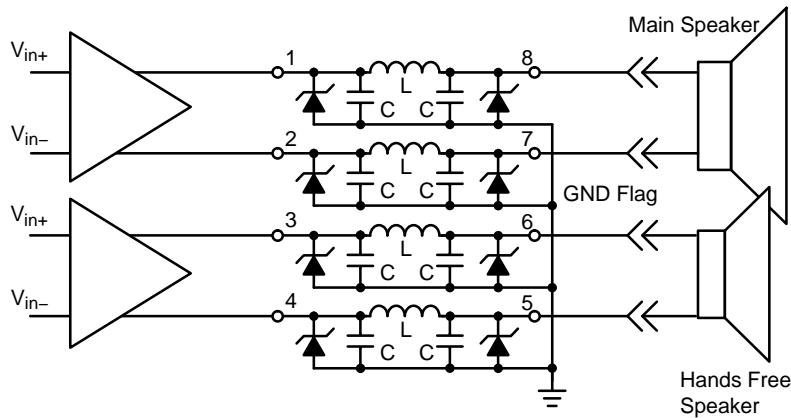


Figure 4. NUF4220MN in Differential Mode Configuration with Speaker Output and Hands Free Speaker

NUF4220MNをFigure 3やFigure 4のような構成で使用する場合は、次の資料で説明しているように、デ

バイス裏面のグラウンド・フラグをアナログ・グラウンドに直接接続する必要があります。AND8200/D 『De

sign Considerations for ESD/EMI Filters』(英語): 「1) Having the shortest path to analog ground ensures the best EMI Filtering.」(最善のEMIフィルタリングを達成できるようにアナログ・グラウンドへのパスは最短経路で取り回す)。この構成では、NUF4220MNはFigure 5に示す50 Ωのネットワークで、800 MHz～5.0 GHzの間で30 dB以上の減衰を達成します。

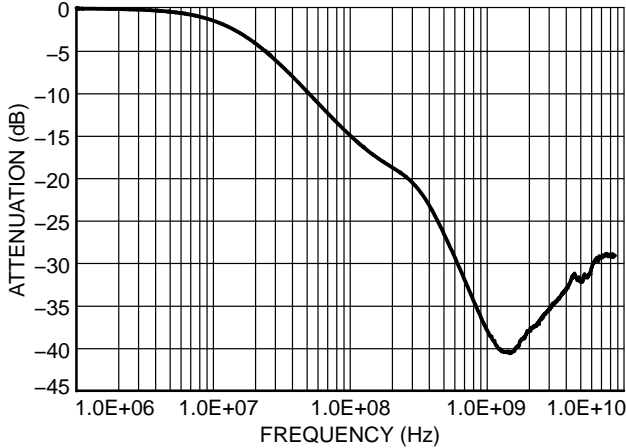


Figure 5. Insertion Loss of the NUF4220MN with a Network Impedance of 50 Ω with the Back Side GND Connected to Board Ground.

NUF4220Mnのより現実的なアプリケーションは、Figure 4に示すオーディオ出力構成で、8.0 Ωの環境でこのフィルタを使用することです。下側ネットワークのインピーダンスによって、NUF4220MNのフィルタリング特性は変化し、Figure 6に示すように、減衰量は800 MHzで20 dBに制限されます。インダクタの直流抵抗は小さいので、通過バンドでの信号損失は最小限に抑制され、オーディオ信号の品質が維持されます。

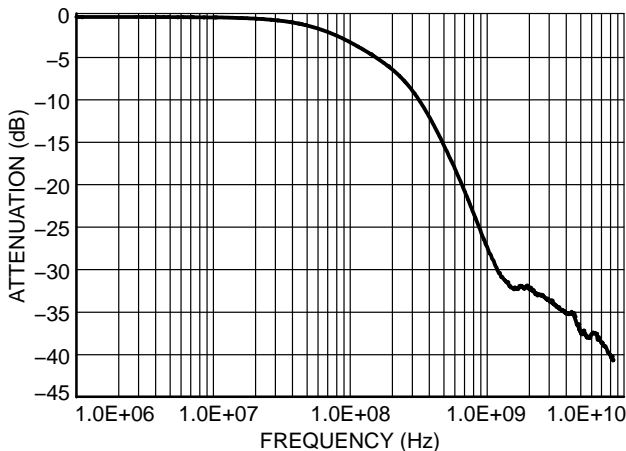


Figure 6. Insertion Loss of the NUF4220MN with a Network Impedance of 8.0 Ω with the Back Side GND Connected to Board Ground

マイクと組み合わせて使用する場合、ネットワークのインピーダンスは非常に大きくなります。フィルタリングの応答は、Figure 7に似たものになります。

マイクとアンプ入力間のインピーダンスが大きいため、低インピーダンス・ネットワークでこのフィルタを使用する場合に比べて、カットオフ周波数は大幅に低くなります。

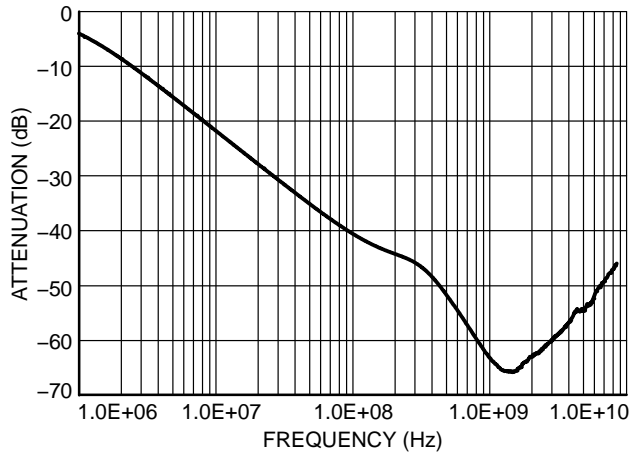


Figure 7. Insertion Loss of the NUF4220MN with a Network Impedance of 1000 Ω with the Back Side GND Connected to Board Ground

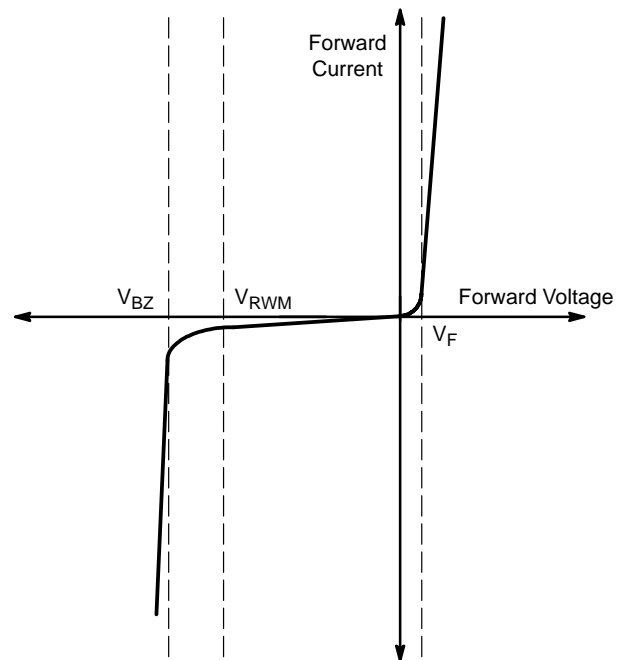


Figure 8. IV Characteristics of Zener Diodes when Filter's Back Side Ground Contact is Connected to the Board Analog Ground

この一般的な構成では、NUF4220Mnは非対称のESD保護を実現します。Figure 8に示すように、このフィルタのIV(電流 - 電圧)特性は、7 V定格のツェナーダイオードと同じ特性になります。逆方向ブレイクダウンは7 V付近で発生するのに対し、順方向ブレイクダウンは-0.8 V付近で発生します。ピーク・オーディオ信号が5 V未満かつ0 V以上の範囲にとどまっている限り、この構成は適切です。この実装例

を AND8245/D 『Design Considerations for ESD/EMI Filters』(英語) : 「2) Low Pass Audio Filter Applications」(ローパス・オーディオ・フィルタ・アプリケーション)で説明しています。

代替構成

オーディオ信号にDC電圧オフセットが存在せず、正電圧と負電圧の両方への振幅がある場合は、非対称型のダイオード構成は不適切である可能性があります。上側電圧レールと下側電圧レールの両方が必

要になります。一方、NYF4220MNのGNDフラグをどのシステムGNDにも接続しない場合に採用できる方針は、NYF4220MNが電氣的に浮遊状態になるのを許容することです。その場合は、チャンネルのIOピンをボードのGNDに接続することによって、信号ラインの1本で妥協します。Figure 9に、この方針の実装例を示します。ここでは、ピン3と6をGNDに接続し、残りの3本の信号ラインはEMIフィルタリングとESD保護に使用します。

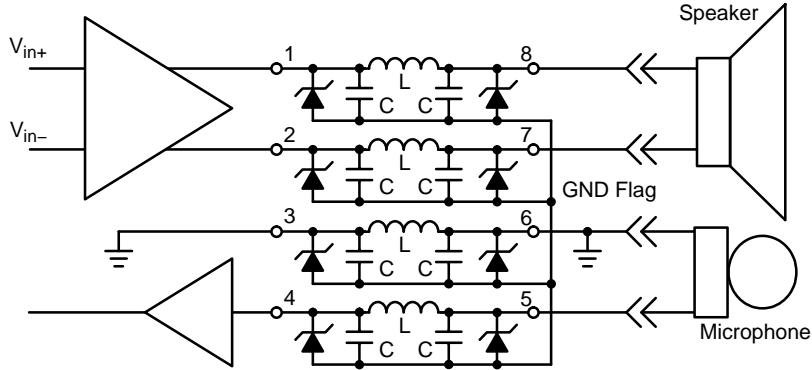


Figure 9. NUF4220MN in Differential Mode Configuration with Speaker Output and Microphone Input with a Floating Back Side GND and Pins 3 and 6 Tied to Board Ground

予期されるように、この代替構成ではフィルタリング特性が変化します。Figure 10に、50 Ω環境での変化した応答を示します。これはGNDパス・チャンネルからの静電容量をフィルタリング・チャンネルと直列に接続した結果です。このフィルタのライン静電容量は通常は400 pFです。ダイオードごとの静電容量は200 pFであり、それらを並列接続しているからです。それに対し、GNDパス・チャンネルからの静電容量をフィルタ・チャンネル内のコンデンサに直列接続で追加した結果、実効静電容量は半分になります。さらにFigure 11に示すように、GNDパス・チャンネル内のワイヤ・ボンドのコンデンサ・チェーンへの直列接続による影響が生じます。

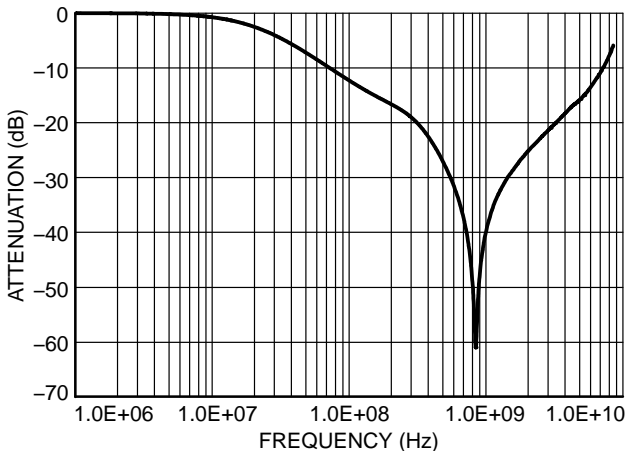


Figure 10. Insertion Loss of the NUF4220MN at 50 Ω with the Back Side GND Floating and Pins 3 and 6 Tied to Board Ground

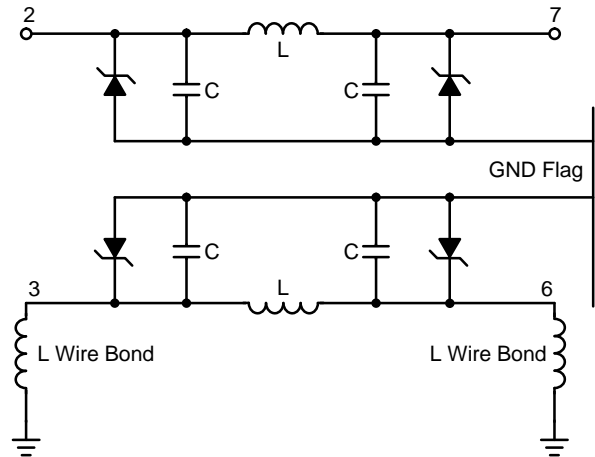


Figure 11. Electrical Representation of a Single Channel used for Audio Filtering with One Channel in the Ground Path to Create an Effective Back to Back Diode Structure

この代替構成が、このように異なる挿入損失応答を示す理由はいくつかあります。最初の理由は、実効ライン静電容量が、標準的な構成の約半分であることです。妥協したチャンネルの信号ピンをグラウンドに接続した状態で、そのフィルタのコンデンサを、グラウンドに接続されている残りのフィルタのコンデンサに直列接続しているためです。第2の理由は、妥協したチャンネルのワイヤ・ボンドもコンデンサに直列接続していることです。この構成では、800 MHz付近でRC共振が発生します。幸い、RF信号が800~900 MHzの間にあるアプリケーションでは、これは望ましい場合があります。

より現実的な負荷により、この構成でのフィルタの周波数応答をもう一度観察する必要があります。ネットワーク・インピーダンスを $8\ \Omega$ に設定したFigure 12で、変更後の構成での挿入損失応答を示します。特性共振は約800 MHzで発生し、優れた減衰が見られますが、それより高い周波数での応答は20 dBの減衰に制限されます。Figure 13に示すように、ネットワーク・インピーダンスを1000 Ω に設定すると、オーディオ周波数バンドを上回るすべての周波数バンドにわたって減衰が大きくなっています。

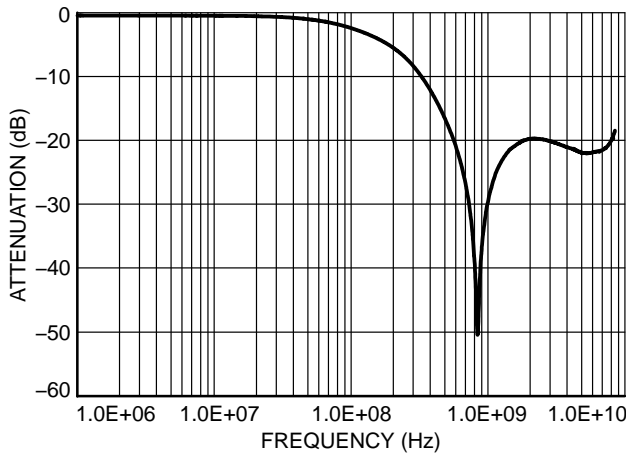


Figure 12. Insertion Loss of the NUF4220MN at 8 Ω with the Back Side GND Floating and Pins 3 and 6 Tied to Board Ground

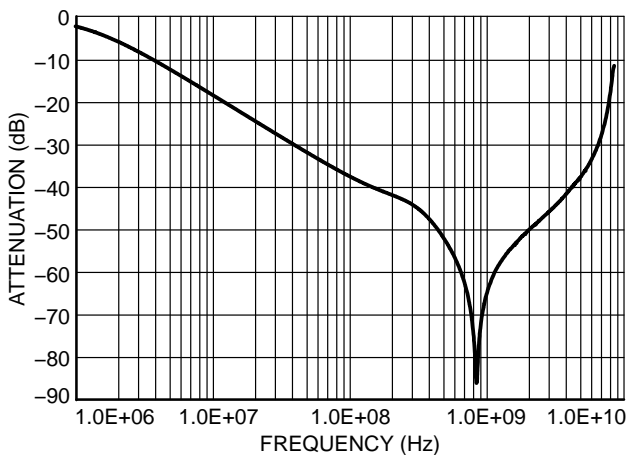


Figure 13. Insertion Loss of the NUF4220MN at 1 k Ω with the Back Side GND Floating and Pins 3 and 6 Tied to Board Ground

この代替構成の主な利点の1つは、背向ツェナーダイオード構造を効果的に作成することです。この構造は、Figure 14に示すように、 $\pm(V_{BZ} + V_F)$ の間でESD保護を実現します。これにより、オーディオ信号の動作範囲は $\pm V_{RWM}$ になります。ここで、 V_{RWM} は約5 V

です。この構成はアナログ・グラウンドの電位を中心とするオーディオ信号を扱うアプリケーションにとって理想的です。

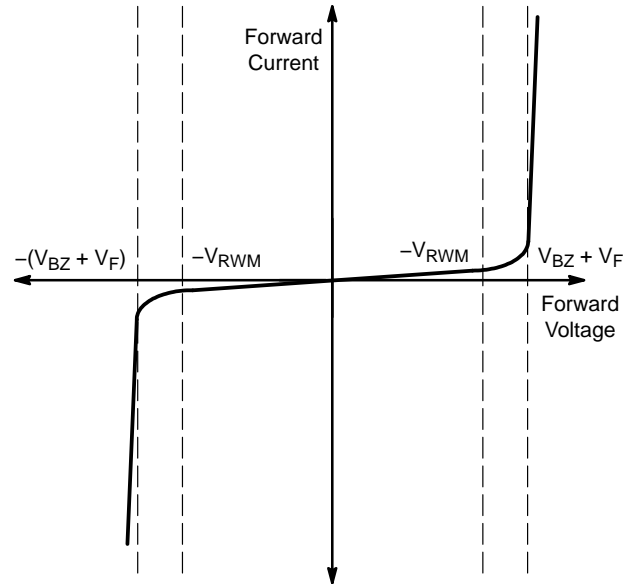


Figure 14. IV Characteristics of the Effective Back to Back Zener Diodes when the Filter's Back Side Ground Contact is Floating and One Channel Acts as the Ground Path

回路のESD性能

NUF2441FCは、IEC61000-4-2に準拠してESD保護を実現します。各ラインに2個のTVSデバイスがあるので、接触放電に対して15kVのESDから保護できます。ESDとIEC61000-4-2の詳細については、アプリケーション・ノートAND8074/D『STF202デバイスを使用したEMIフィルタリング、USBアップストリーム・ラインの終端、およびESD保護』を参照してください。

設計の考慮事項

NUF4220MNまたは任意のEMIフィルタを使用する設計で、非常に重要な設計要素の1つは、グラウンド接続の方針です。理想的な手法は、NUF4220MNのグラウンドはアナログ・グラウンドに直接接続することです。その理由は、NUF4220MNのグラウンド・フラグとアナログ・グラウンドの間にある電氣的経路が長くなるにつれて、NUF4220MNのフィルタリング特性が低下するためです。アプリケーション・ノートAND8200/D『Design consideration for ESD/EMI Filters: I』(英語)で説明しているとおり、グラウンド・パス内のインダクタンスが増加すると、NUF4220MNのフィルタリング帯域幅は縮小します。Figure 15、Figure 16、およびFigure 17に、フィルタリングとESD保護性能を高めるのに使用できる、簡潔なレイアウト手法を示します。

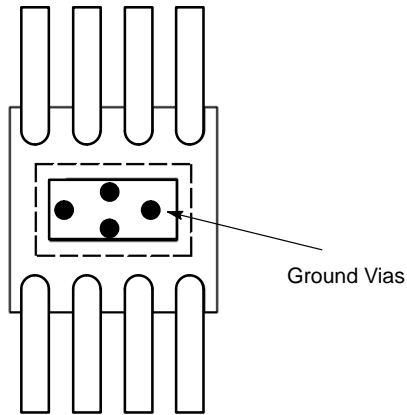


Figure 15. Preferred Placement of Ground Vias for the Standard Configuration. The Placement of the Vias Directly Under to the NUF4220MN Greatly Reduces the Parasitic Ground Path Inductance

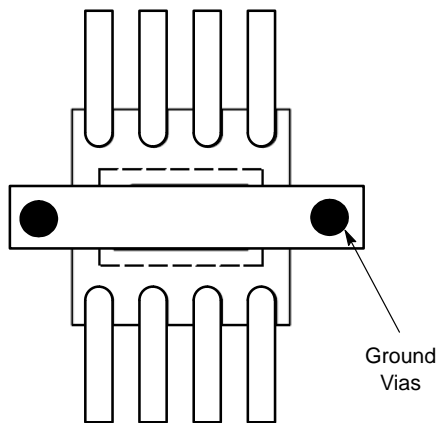


Figure 16. Alternative Placement of Ground Vias for the Standard Configuration. If there are Routing are via Placement Constraints the Vias can be Placed Outside the are used by the NUF4220MN but at the Cost of Introducing Parasitic Ground Path Inductance

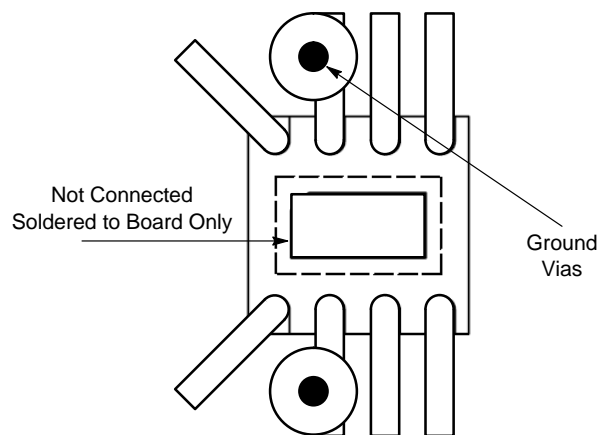


Figure 17. Placement of Ground Vias for the Alternative Configuration. Placement of the Ground Vias should be as Close as Possible to the Pins of the Channel that is being used for the Ground Path

AND8275/D

参考文献

- [1] Brooks, Douglas, "Rules for Handling Differential Signals," EETimes, January 07, 2002.
- [2] ON Semiconductor Application Note [AND8026/D](#): Solving EMI and ESD Problems with Integrated Passive Device Low Pass Pi Filters
- [3] ON Semiconductor Application Note [AND8074/D](#): EMI Filtering, USB Upstream Line Termination and Protection Using the STF202 Device
- [4] ON Semiconductor Application Note [AND8104/D](#): Microintegration™ Technology Solutions for Protection in High Speed I/O Data Lines
- [5] ON Semiconductor Application Note [AND8165/D](#): EMI and ESD Filtering of Audio Interconnects
- [6] ON Semiconductor Application Note [AND8200/D](#): Design Considerations for ESD/EMI Filters: I
- [7] ON Semiconductor Application Note [AND8245/D](#): Design Considerations for ESD/EMI Filters: II

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こ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