

## 工業用および自動車アプリケーション向け集積リレー/誘導性負荷ドライバ



ON Semiconductor®

[www.onsemi.jp](http://www.onsemi.jp)

### APPLICATION NOTE

#### 要約

リレーを実装した大部分のプリント基板は、マイクロプロセッサや他の敏感な電子デバイスで駆動されます。コイル駆動回路を正常に機能させるには、リレーとマイクロプロセッサ回路の間に絶縁が必要です。効果的な駆動回路では、駆動電流と電圧の要件およびマイクロプロセッサ回路を破壊するおそれのある $Ldi/dt$ 過渡を抑制することを考慮する必要があります。オーバースペックで効果的な駆動回路を設計するのは容易ですが、今日の設計ではコスト競争力が高くなければなりません。モノリシックICドライバ・デバイスをリレーに統合すると、システム設計者に有用な製品を提供できます。

この資料では、オン・セミコンダクターの集積リレー・ドライバ製品を使用して敏感な電子デバイスと機械式リレーのインタフェースを実現し、様々な制御/電力機能を果たすための動作について説明します。プリント基板の省スペースや部品数の削減などの重要な利点についても説明します。

#### はじめに

電子業界では毎日進歩が続いていますが、それでもなお工業用および自動車アプリケーションで大電流負荷を制御するために機械式リレーが幅広く使用されています。リレーには低コストと優れたフォールト・トレランスという特性があるため、工業用および自動車アプリケーション環境では、有用で信頼性の高いソリューションとして活用されています。集積リレー・ドライバ・デバイスであるオン・セミコンダクター製のNUD3105、NUD3112、NUD3124は、工業用および自動車アプリケーションで使用されている機械式リレーを制御するための理想的なデバイス・ソリューションと考えられます。これらの製品の統合設計により、バイポーラ・トランジスタとフリー・ホイーリング・ダイオードの組み合わせのような従来型ディスクリット・ソリューションに比べて、大幅な簡素化とコスト削減を実現できます。

#### 工業用および自動車アプリケーションの要件

工業用および自動車アプリケーションでのデバイス要件は異なるため、様々な方法で取り組む必要があります。自動車アプリケーションの要件を満たすのは最も困難であるのに対し、工業用アプリケーションの要件は従来から比較的高い自由度が許容されています。リレー・コイル電流の大きさはアプリケーションによって大きく異なります。最大クラスの工業用リレーと自動車リレーでは、消費電流が50~150 mAの範囲にあるコイルを採用しています。

適切なリレー・ドライバを選択するには、多くの制約について検討する必要があります。自動車アプリケーションの場合は、以下の要件に細心の注意を払う必要があります。

- ロード・ダンブ(80 V、300 ms)
- デュアル電圧ジャンプ・スタート(24 V以上)
- 逆バッテリー(-14 V、1分以上)
- ESD耐性(AEC-Q100仕様に準拠)
- 動作周囲温度(-40~85°C)

自動車のこれらの要件を満たすには、通常はオーバサイズでコスト効果の高くないリレー・ドライバを指定するか、多くの保護部品が必要になります。

他方、工業用アプリケーションでは、ESD耐性(通常2.0 kV HBM)や特定の動作周囲温度範囲(通常0~85°C)のような標準的な要件は課されますが、それ以外の要件はあまり多くありません。ただし、一部のアプリケーションでは、過渡電圧状態に対する保護デバイスが必要であり、この場合は追加の保護部品も必要です。

標準的なディスクリート・リレー・ドライバ

工業用および自動車アプリケーションのいずれにおいても、最も歴史があり幅広く使用されているリレー・ドライバは、1個のバイポーラ・トランジスタ、2本のバイアス抵抗、1個のフリー・ホイーリング・ダイオードで形成されるディスクリート・ドライバです。特定の状況では、適切な保護を行うには、MOV(金属酸化バリスタ)や追加ダイオードのような追加部品が必要です。Figure 1に、追加の保護デバイスを取り付けた代表的なディスクリート・リレー・ドライバを示します。ダイオードD1は逆電源電圧保護を提供し、ダイオードD2はターンオフ相互作用( $V = L di/dt$ )時にリレー内のコイルで生成される電圧スパイクを抑制するクランプ機能を果たします。

パワーMOVデバイスは、正の過渡電圧をバイポーラ・トランジスタのブレイクダウン電圧範囲内に制限する目的で使用されます。バイポーラ・トランジスタの飽和電圧(通常は1.0 V以上)のため大きな消費電力が発生し、特定の状況ではSOT-23やそれより小型の安価な表面実装パッケージ・デバイスを使用する選択肢が排除されることがあり、その場合はTO220などのより大型パッケージが必要になり

ます。結果として得られるディスクリート回路は、複数の部品とプリント基板上で広い面積を占めるので高額になります。

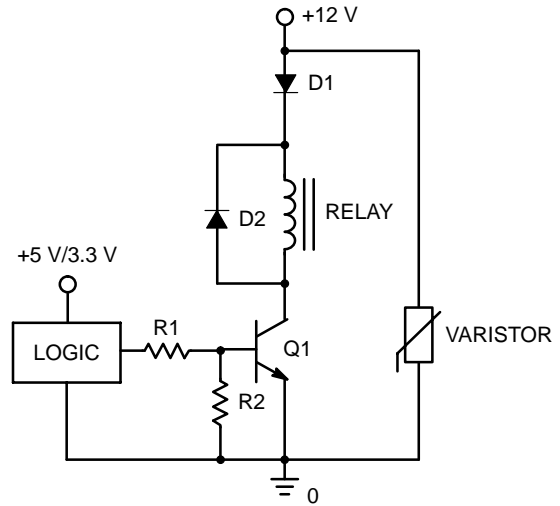


Figure 1. Typical Discrete Relay Driver

オン・セミコンダクター製のリレー・ドライバ

オン・セミコンダクター製のリレー・ドライバ・ポートフォリオは、次の2つの主要カテゴリに分類できます。

- 工業用バージョン(NUD3105、NUD3112)
- 自動車バージョン(NUD3124)

工業用バージョン

Figure 2に、工業用バージョンのリレー・ドライバ(NUD3105、NUD3112)を示します。このデバイスは複数のディスクリート部品を単一の3端子表面実装パッケージSOT-23に封入した製品で、従来型ディスクリート・リレー・ドライバより簡潔で効率的なソリューションを実現できます。この集積デバイスの特性を以下に示します。

- NチャネルFET、40 V、500 mA
- ESD保護用ツェナー・ダイオード(7.0 V)
- バイアス抵抗(ゲート前段に1.0 k $\Omega$ 、ゲートソース間に300 k $\Omega$ )
- クランプ保護用ツェナー・ダイオード(5.0 Vリレー・コイル保護用に7.0 V品、12 Vコイル保護用に14 V品)

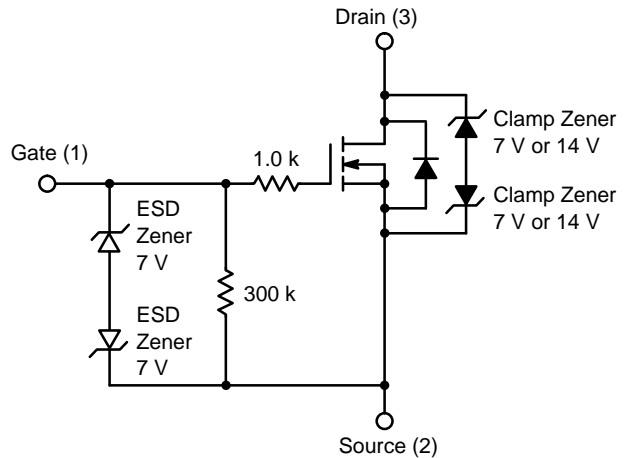


Figure 2. Industrial Relay Driver Description (NUD3105 and NUD3112 Devices)

## AND8116/D

40 V NチャネルFETは、最大500 mAの電流に対応してリレー内のコイルを切り替えるように設計されています。クランプ保護用ツェナー・ダイオード (14 V)は、ターンオフ相互作用( $V = Ldi/dt$ )時にリレー内のコイルで生成される電圧スパイクを抑制するクランプ機能を果たします。ESD保護用ツェナー・

ダイオードは、人間によるデバイスの取り扱いや組み立て時に発生する可能性があるESDからゲートソース間シリコン接合部を保護します。また、バイアス抵抗はFETに駆動制御信号を供給します。

Figure 3に、NUD3105/NUD3112デバイスの代表的な接続図を示します。

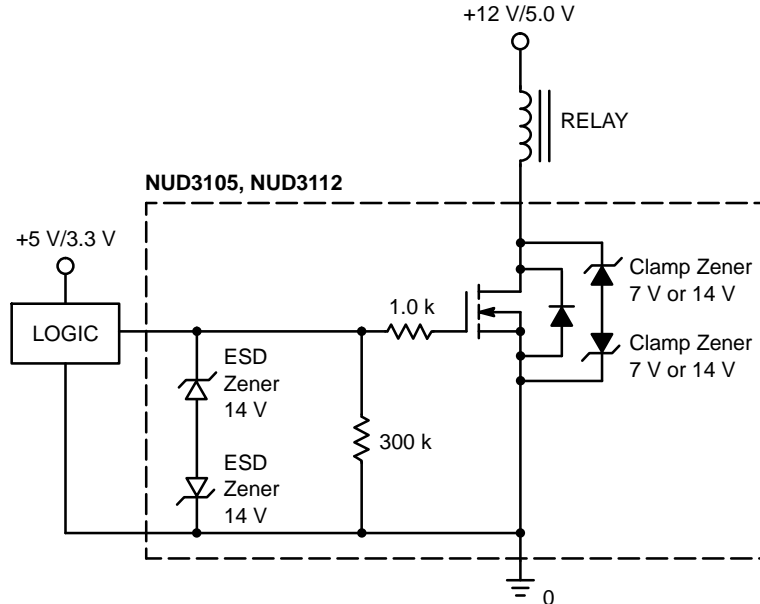


Figure 3. Typical Connection Diagram  
(NUD3105 5.0 V Relay's Coils and NUD3112 for 12 V)

正ロジック電圧(5.0 V/3.3 V)がデバイスのゲートに印加され、FETはターンオンし、リレーが閉回路になります。FETがターンオフすると、リレー内のコイルは非アクティブになり、コイルで反作用が生じて高い電圧スパイクが発生しますが、この電圧はFETの両端に配置されているクランプ用ツェナー・ダイオードで抑制されます。リレー・ドライバのオン/オフ動作のたびに、この動作シーケンスが繰り返されます。Figure 4に、NUD3112リレー・ドライバがOMRON製リレー(G8TB-1A-64)を制御しているときにドライバ両端で発生した電圧と電流の波形を示します。このリレーには、 $L = 46 \text{ mH}$ 、 $R_{dc} = 100 \Omega$ というコイル特性があります。電源電圧が12 Vのときにこのリレーに流れる電流は120 mAです。周囲温度が25°Cのとき、内蔵FETのオン抵抗の代表値は1.0 Ωなので、このFETでの消費電力は約15 mW( $P = I^2R$ )です。その結果、電流が120 mAのときのオン抵抗による電圧降下はわずか125 mVです。

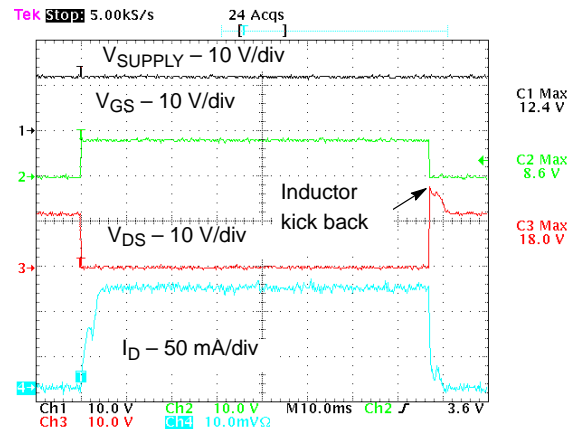


Figure 4. Traces Generated Across NUD3112 Device  
when Driving OMRON Relay G8TB-1A-64

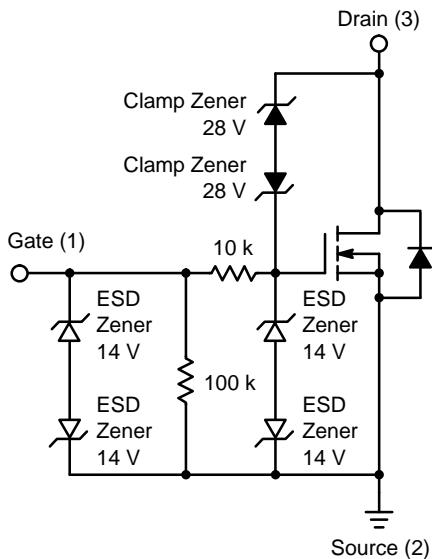
リレー・コイル仕様に基づき、リレー内のコイルによってドライバに転送されるエネルギーは、 $E = \frac{1}{2} L I^2$ の式を使用して理論値を計算でき、その結果は0.331 mJです。NUD3105およびNUD3112デバイスのアバランシェ・エネルギー量は50mJなので、OMRON製リレーで転送される0.331mJというエネルギーは、デバイスのエネルギー量の0.65%にしかありません。同じ理論式( $E = \frac{1}{2} L I^2$ )を使用して、NUD3105およびNUD3112デバイスが駆動できるリレー内のコイルの種類を特定することもできます。これらの目的のために、転送されるエネルギーを計算上でリレー内のコイルのインダクタンスおよび電流特性を把握しておく必要があります。発生するエネルギーは、このデバイスの定格である50 mJを超えてはなりません。

**自動車バージョン**

Figure 5に、自動車バージョンのリレー・ドライバ(NUD3124)を示します。

このデバイスも複数のディスクリート部品を1個の3端子表面実装パッケージSOT-23に封入した製品であり、従来型ディスクリート・リレー・ドライバより簡潔でいっそう堅牢なソリューションを達成します。この統合デバイスの特性を以下に示します。

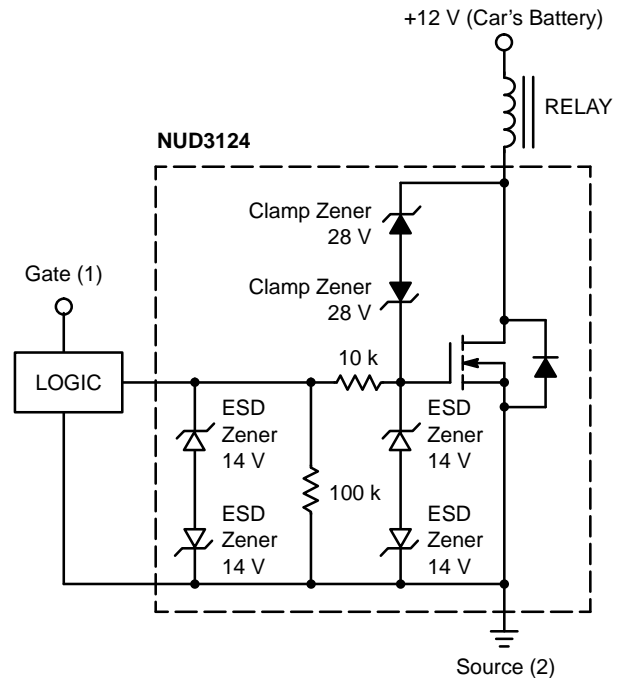
- NチャネルFET、40 V、150 mA
- ESD保護用ツェナー・ダイオード(14 V)
- バイアス抵抗(ゲート前段に10 kΩ、ゲート-ソース間に100 kΩ)
- アクティブ・クランプ機能を果たす、クランプ保護用ツェナー・ダイオード(28 V)



**Figure 5. Automotive Relay Driver Description (NUD3124 Device)**

40 V NチャネルFETは、最大200 mAの電流に対応して、リレー内のコイルのオン/オフを切り替えるように設計されています。クランプ保護用ツェナー・ダイオード(28 V)は、ターンオフの相互作用( $V = L di/dt$ )時にリレー内のコイルで生成されるドレイン-グラウンド間の電圧スパイクを抑制するアクティブ・クランプ機能を果たします。この機能はクランプ用ツェナー・ダイオード両端の電圧がダイオードのブレイクダウン電圧(28 V)に達すると、このダイオードを通じてFETを部分的にアクティブ化することによって達成されます。ESD保護用ツェナー・ダイオードは、人間によるデバイスの取り扱いや組み立て時に発生する可能性があるESDからゲート-ソース間シリコン接合部を保護します。また、バイアス抵抗はFETに駆動制御信号を供給します。

Figure 6に、NUD3124デバイスの代表的な接続図を示します。



**Figure 6. Typical Connection Diagram for Automotive Relay Driver (NUD3124 Device)**

正ロジック電圧(5.0 V/3.3 V)がデバイスのゲートに印加されると、FETがターンオンしリレーが動作します。FETがターンオフすると、リレー内のコイルは非アクティブになり、コイルで反作用が生じて高い電圧スパイクが発生します。この電圧スパイクによって、クランプ用ツェナー・ダイオード(28 V)がブレイクダウンし、FETが部分的にアクティブになってこの状態をグラウンドに流します。リレー・ドライバのオン/オフ動作のたびに、この動作シーケンスが繰り返されます。

Figure 7に、NUD3124リレー・ドライバがOMRON製リレー(G8TB-1A-64)を制御しているときにドライバ両端で発生した電圧と電流の波形を示します。このリレーには、 $L = 46 \text{ mH}$ 、 $R_{dc} = 100 \Omega$ のコイル特性があります。電源電圧が12 VのときにこのOMRON製リレーに流れる電流は120 mAです。周囲温度が25°Cのとき、内蔵FETのオン抵抗の代表値は1.0  $\Omega$ なので、このFETでの消費電力は約15 mW ( $P = I^2R$ )です。その結果、電流が120 mAのときオン抵抗による電圧降下はわずか125 mVです。

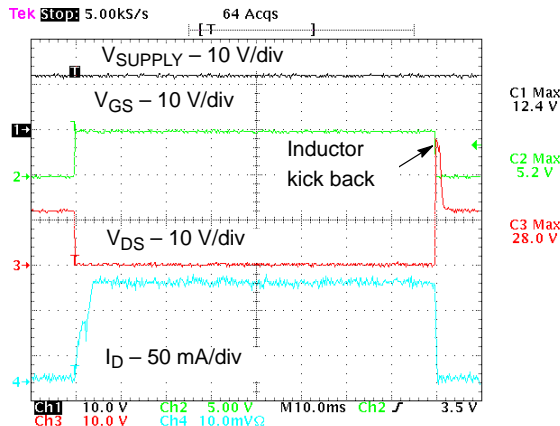


Figure 7. Waveforms Generated Across the NUD3124 when Driving OMRON Relay G8TB-1A-64

NUD3105およびNUD3112デバイス(工業用バージョン)とは異なり、NUD3124デバイス(自動車バージョン)は独自の設計により、過渡電圧がクランプ用ツェナー・ダイオードのブレイクダウン電圧(28 V)を上回るとFETをアクティブにすることで、より大き

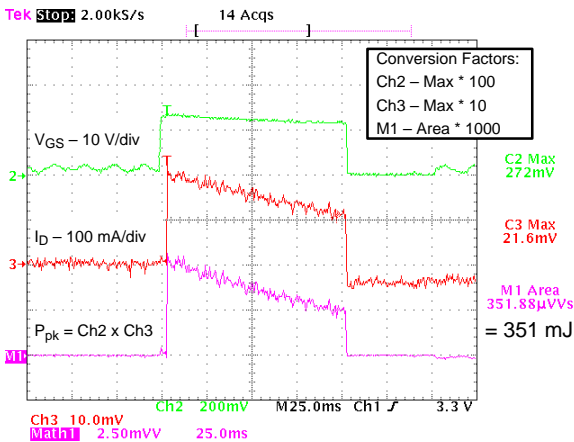


Figure 8. Waveforms Generated Across the NUD3124 Device During Surge Test

な逆アバランシェ・エネルギー量に対処できるアクティブ・クランプ機能を実現しています。NUD3124デバイスのエネルギー量の代表値は350 mJです。Figure 8に、最大逆アバランシェ・エネルギー量を特定する目的でデバイスの特性評価を行ったときに、デバイスで実施したサージ試験のオシロスコープ図を示します。

このデバイスは逆アバランシェ・エネルギー量(350 mJ)が高いため、自動車アプリケーションで使用されるリレー(それらのコイル仕様は通常、電流値が50~150 mA、インダクタンス値が1ヘンリー未満)の大半を制御できます。これらの種類のコイルは高レベルのエネルギー( $E = \frac{1}{2}LI^2$ )をNUD3124デバイスに転送しないので、各コイルは同じデバイス(NUD3124)で制御できます。特定のアプリケーション回路で使用されるリレーの大部分を、共通のリレー・ドライバ製品で制御することで、大きな利点が得られます。プリント基板のスペースが節約され、回路設計が最適化されます。さらに、部品点数が減少し、購買処理も簡素化されます。

NUD3124デバイスのアクティブ・クランプ特性により、自動車仕様で要求されるロード・ダンピングや他の電圧過渡という自動車要件を満たすこともできます。ロード・ダンピング過渡は、大電流充電時にバッテリーとの接続が切断されたときに自動車のオルタネータによって生成されます。この種の過渡はリレーのオン/オフによって生じる可能性もあります。ロード・ダンピングに対する自動車要件は自動車メーカーごとに異なりますが、持続時間350 msにわたって60 Vのロード・ダンピング過渡に耐えるデバイスを使用すると、ほとんどのロード・ダンピング要件に適合できることが知られています。Figure 9に、持続時間350 msの60 Vロード・ダンピング過渡を示します。

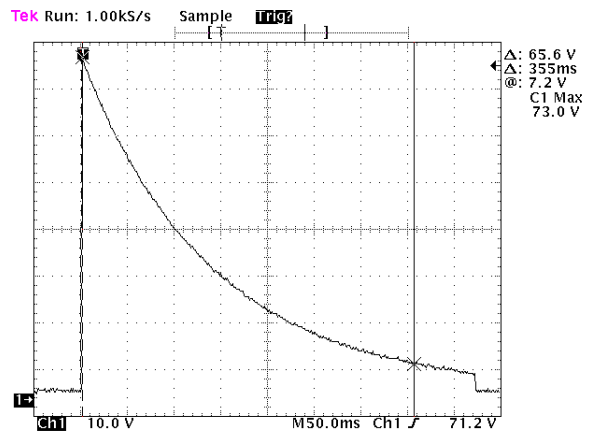


Figure 9. Load Dump Transient Waveform (60 V, 350 ms).

オシロスコープ図では73 V波形が示されています (Figure 9)が、これは60 Vロード・ダンブ過渡に自動車のバッテリー電圧(13 V)を加えた値です。アプリケーションではリレー・ドライバ(NUD3124)を必ずリレーに接続するので、ロード・ダンブ状況が発生した場合は、リレー内のコイル抵抗成分によって電流が制限され、リレー・ドライバ(NUD3124)がグラウンドに流す必要があるエネルギー量が減少します。Figure 10に、NUD3124デバイスでロード・ダンブ過渡が生じたときに、このデバイスで発生した波形を記録したオシロスコープ図を示します。このケースでは、デバイスはOMRON製リレー(G8TB-1A-64)を制御しています。

自動車に関する過渡のうち最もストレスが強く、負担が大きい要件がロード・ダンブです。したがって、デバイスがこの要件に適合できる場合は、240 V (10 Ωの電源インピーダンス)、350 μsの持続時間タイプなど、確実により負担の小さい他のすべての過渡に耐えることができます。

NUD3124デバイスは、ロード・ダンブ過渡要件や自動車で発生するそれより小さなすべての過渡要件

に適合するだけでなく、逆バッテリー(-14 V、1分以上)やデュアル電圧ジャンプ・スタート(24 V ±10%)などの他の自動車要件にも適合します。

逆バッテリー状態が発生した場合は、FETのボディ・ダイオードが順バイアスされ導通します。この状態では、リレー内のコイルの抵抗成分によって電流が安全レベルに制限され、リレーが通電されます。従来型ディスクリット・アプローチを使用する場合は、逆接続されたバッテリーからドライバを経由してロジック出力に到達する電流経路が形成される可能性があるため、制御ロジック回路が損傷するおそれがあります。NUD3124デバイスを使用するときはこの可能性が排除されます。

デュアル電圧ジャンプ・スタート(24 V以上)を使用する場合は、NUD3124デバイスはオフ状態のままなのでリレーもオフ状態にとどまります。これはデュアル電圧ジャンプ・スタート状況で要求される理想的な動作です。そうでない場合は、リレーがアクティブになって、リレーによる制御対象の機器や機能(ウィンドウやシートなど)に動作上の重大問題が発生するおそれがあります。

### リレー・モジュール

オン・セミコンダクターのリレー・ドライバ・デバイス(NUD3105、NUD3112、NUD3124)は、リレー本体に内蔵してロジック回路から直接駆動できるリレー・モジュールを形成する場合は、よりユニークかつ有用なデバイスとなります。利点は以下のとおりです。

- 外部ドライバ・デバイスが不要
- プリント基板スペースを削減
- 基板への挿入操作回数の削減
- コスト低減のために最適化された設計

これらすべての利点は、機械式リレーを必要とする工業用および自動車アプリケーションにコスト低減となります。Figure 10に、リレー・モジュールの設計を図示します。一部のリレー・メーカはリレー内のコイルに並列接続されたダイオードをすでに統合しており、ドライバ回路を簡素化することができます。他のメーカはリレー・モジュールの概念を発展させることを検討しています。リレー・メーカの

主要目標は、設計の最適化とコスト低減の観点で顧客により多くの付加価値を提供することです。

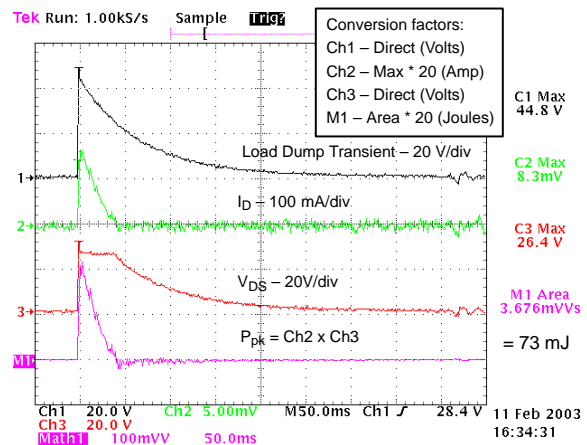


Figure 10. Waveforms Generated Across the NUD3124 Device During a Load Dump Transient

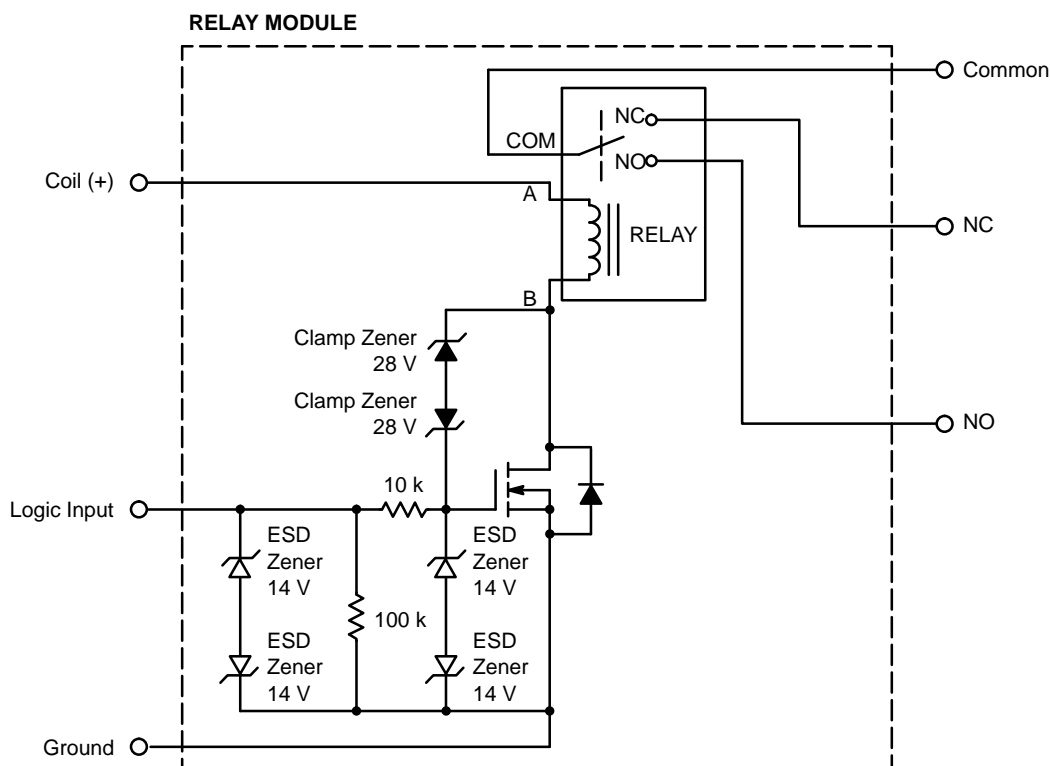


Figure 11. Relay Module Formed by the Integration of the NUD3124 Device within the Relay Body

### 要約

従来型ディスクリート・リレー・ドライバ・アプローチ(バイポーラ・トランジスタ、バイアス抵抗、フリー・ホイーリング・ダイオード)は、複数の部品とプリント基板上に比較的広い面積を必要とするので高額になります。特定の状況では、自動車や一部の工業用アプリケーションで適切な機能を果たすために、追加の保護部品も必要になります。

オン・セミコンダクター製のNUD3105およびNUD3112リレー・ドライバ・デバイスは、必要なすべての部品をモノリシック・プロセスを通じて統合することで、従来型ディスクリート・リレー・ドライバ・アプローチを置き換えます。これらの統合設計は小型3端子表面実装SOT-23パッケージに封入され、狭いプリント基板での最適動作が可能で、製造工数と部品点数の観点からコスト削減を実現します。

NUD3124デバイスは自動車アプリケーションに対応しています。ロード・ダンプ、逆バッテリー、デュアル電圧ジャンプ・スタート、ESDなどの自動車の主要要件を完全に満たしています。独自のアクティブ・クランプ設計により、このデバイスは自動車アプリケーションの堅牢なドライバとして活用できます。この製品も小型3端子表面実装SOT-23パッケージに封入され、狭いプリント基板スペースでの最適動作が可能でコストを削減できます。

リレー・モジュールは工業用および自動車リレー市場に大きな利点をもたらします。プリント基板のスペースを節約し回路設計を最適化します。これらの利点によって顧客に大きな付加価値がもたらされ、コスト削減を達成できます。このような利点は常に重要な意味を持ちます。

# AND8116/D

## 参考文献

- [1] ON Semiconductor website: [www.onsemi.jp](http://www.onsemi.jp).
- [2] A. E. Fitzgerald, David E. Higginbotham, Arvin G. Basic Electrical Engineering, fifth edition, 1981.
- [3] VISTEON Engineering Specification, Revision 3, May 1988.
- [4] Automotive Electronics Council Specification AEC-Q100-Rev-E, January 2001.
- [5] JEDEC ESD Specification, EIA JESD22-A114-A, June 2000.
- [6] Case Outline – 511AB, ON Semiconductor Standard, WDFN8 3.3 × 3.3 mm, 0.65P.

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](http://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](mailto: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](http://www.onsemi.com)

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

For additional information, please contact your local Sales Representative