

アプリケーション・ノート : AN- 1122

75V耐圧のハイサイドIPSシリーズ「IPS70xx」

David Jacquinod International Rectifier Corporation

目次

	頁
はじめに	2
標準的な周辺回路	2
接地の結線	2
診断機能	2
オフ時の負荷の断線検出	3
オン時の短絡検出	3
オン時の過熱検出	3
保護機能	3
電流制限と温度サイクル	3
接地の損失保護	4
アクティブ・クランプ	4
バッテリーの逆接続	6
最大電圧定格	6
推奨動作条件	6
信頼性高いハイサイド駆動	6

©インターナショナル・レクティファイアー・ジャパン
この文献の無断複製・転載を禁じます。

概要

内部構成

- はじめに
- 診断機能
- 保護機能
- アクティブ・クランプと最大誘導性負荷
- バッテリの逆接続

標準的な使い方

- 白熱電球
- ソレノイド
- パルプ

はじめに

耐圧75Vで保護機能付きパワーMOSFETのIPS70xxシリーズは、5ピンのハイサイドIPS（インテリジェント・パワー・スイッチ）です。IR社独自の最新製造技術P³（ピー・キューブ：power product platform）を使って製造しています。パワーMOSFET部は縦型構造ですが、制御部は横型構造のMOSFETで構成した保護回路を内蔵しています。IPS70xxシリーズは、アクティブ・クランプ付きの高効率パワーMOSFET、過熱保護機能、過電流に対する電流制限機能を備えています。

論理レベル入力ピン（IN）、電源の接地に対して絶縁された論理回路の接地ピン（GND）、診断ピン（DG）を備えています。内蔵のチャージ・ポンプがあり、外付け部品なしで、ハイサイド構成でMOSFETを駆動できます。このアプリケーション・ノートでは、ハイサイドIPSシリーズの機能を説明し、車載環境でのこれらデバイスの使い方を提案します。

標準的な周辺回路

図1にハイサイドIPSシリーズの標準的な周辺回路図を示します。2つの抵抗 R_{in} と R_{dgs} は、バッテリーの逆接続時やバッテリー電圧 V_{bat} に負パルスが現れたときに、コントローラを保護するために挿入します。 R_1 は、負荷の断線を検出したいときに必要です。

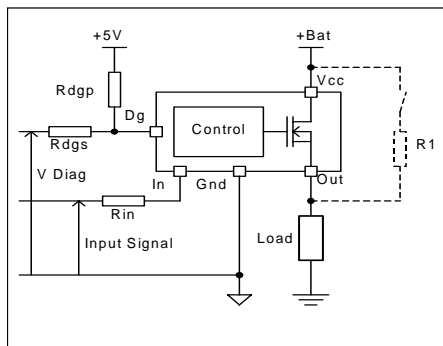


図1 標準的な周辺回路

接地の結線

論理回路の接地であるGNDピンは、入力ピンとDGピンの基準となるので、負荷電流がデジタル接地に流入しないように、制御回路ブロックのデジタル接地に接続してください（図2）。GNDピンを電源の接地に接続すると、負荷電流によって接地の経路に電位差が生じるため、入力のしきい電圧が変化してしまいます。

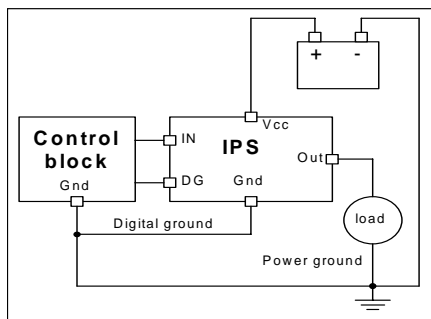


図2 接地の結線

診断機能

診断機能は、IPSの状態をマイコンに通知するときに使います。IPSは、過電流、温度上昇（過熱）、負荷断

線などのさまざまな故障に対して自分自身を保護します。IPSが故障状態を検出すると、診断情報がDGピンを介して出力されます。表1に真理値表を示します。

表1 診断の真理値表

動作状態	入力	出力	DGピン
通常	H	H	H
通常	L	L	L
負荷の断線	H	H	H
負荷の断線(1)	L	H	H
接地との短絡	H	L (制限)	L
接地との短絡	L	L	L
過熱	H	L (繰り返し)	L
過熱	L	L	L

(1) 出力と V_{CC} の間にプルアップ抵抗を接続。

オフ時の負荷の断線検出

オフ状態のときにも負荷の断線検出が必要な場合があります。この場合、負荷が断線したら、すぐにマイコンが認識します。IPSはこの状態も検出できますが、外付けのプルアップ抵抗が必要です。

パワーMOSFETがオフのときは、出力の電位と接地(GND)の電位を比較することにより、負荷の断線状態を検出します。通常の状態では、負荷が接地(GND)に接続されていて、電流(出力の漏れ以外)は負荷に流れません。ソース電圧はほぼゼロです。負荷が切断された場合、内蔵比較器で負荷の断線状態を検出できるように、外付け抵抗が出力をプルアップします。

オン時の短絡検出

デバイスがオンのとき、バッテリー電圧と出力電圧の差($V_{bat} - V_{out}$)が短絡検出電圧(データシートの V_{sc})よりも大きいとき、診断機能は短絡を検出できます。

オン時の過熱検出

入力がハイ・レベルのとき、過熱状態は、熱センサを使って検出されます。

保護機能

IPS70xxシリーズは、短絡または過熱時にデバイスの故障を防止するための保護機能を備えています。故障状態が解消された後、デバイスは自動的に再起動します。アクティブ・クランプ時とバッテリーの逆接続時には、保護機能はありません。

電流制限と温度サイクル

出力が接地に短絡すると、デバイスはMOSFETを線形(リニア)動作領域に駆動して電流を制限します。この領域では、消費電力が大きくなり、過熱保護機能によってデバイスが停止します。図3のように、接合部の温度が 7°C 低下すると、デバイスは再起動します。再起動するときの波形が図4です。

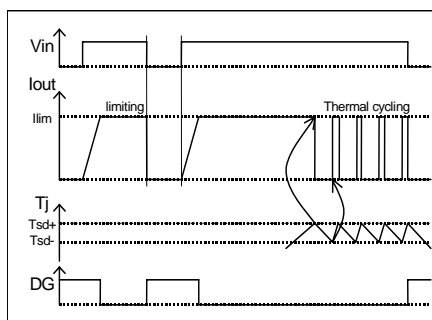


図3 保護機能のタイミング図

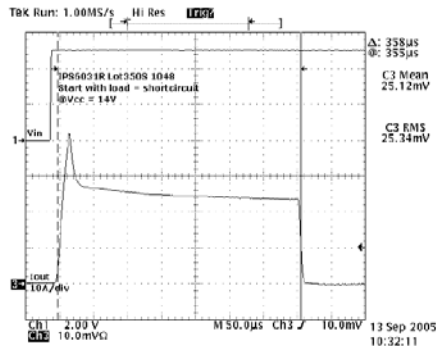


図4 短絡した回路を再起動したときの波形

チャンネル1: 入力

チャンネル2: 負荷電流 I_{load} (縦軸は10A/div)

電流制限機能と過熱防止機能は、保護目的のためにだけ、使わなければなりません。通常モードでは、これらの保護機能はトリガされないようにしてください。そうしないと、デバイスの信頼性に影響します。例えば、負荷の突入電流は電流制限値よりも小さくしてください。

アクティブ・クランプ使用時のエネルギー

アクティブ・クランプはフリーホイール技術よりも高速な回生を可能にするため、外付けデバイスが不要になります。アクティブ・クランプ技術の欠点はエネルギーがIPSで消費されることです。このエネルギーは、IPSの安全な動作を保証するような値でなければなりません。消費エネルギーの計算を以下に示します。IPSで消費されるエネルギーは、

$$E_{IPS} = \frac{1}{2} \cdot L \cdot I^2 \cdot \frac{V_{CLAMP}}{V_{CLAMP} - V_{BATT}}$$

で与えられます。負荷で消費されるエネルギーは、

$$\frac{1}{2} \cdot L \cdot I^2$$

となります。クランプ電圧 V_{CLAMP} は、バッテリー電圧 V_{BATT} より大きくなければならないので、IPSは負荷よりも大きいエネルギーを消費します。これは、アクティブ・クランプ時に一部のエネルギーがバッテリーから得られるためです。

IPSでのエネルギー消費を小さくするため、 V_{CLAMP} をこの技術のブレークダウン電圧に匹敵するくらいに、できるだけ高くしなければなりません。IPS70xxシリーズのアクティブ・クランプ電圧は70V（標準値）です。

IPSが消費するエネルギーは、負荷インダクタンスと負荷電流の2乗に比例します。データシートには、図8に似たグラフが記載してあります。このグラフを使うと、IPSで消費できるエネルギー量に基づいて、最大負荷インダクタンスと負荷電流を見積もれます。

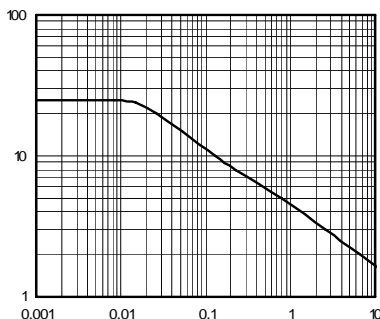


図8 最大出力電流 (A) と誘導性負荷 (mH) の関係

負荷の「寄生抵抗」が、負荷電流を制限していることに注意してください。最大負荷電流は、最悪の電源状態で計算してください。例えば、 $100 \mu H$ の負荷に対して、グラフは最大 $I_{loadmax} = 12A$ を示しています。最悪の場合の V_{BATT} が18Vの場合、図8から誘導性負荷の最小直列抵抗は $18V / 12A = 1.5 \Omega$ でなければなりません。

アクティブ・クランプ時の温度上昇

アクティブ・クランプ時のエネルギー消費により、接合温度が上昇します。アクティブ・クランプ時の温度上昇は次式で求められます。

$$\Delta T_j = P_{CL} \cdot Z_{TH} (t_{CLAMP})$$

ここで、 $Z_{TH} (t_{CLAMP})$ は温度 t_{CLAMP} での熱インピーダンスであり、データシートの熱インピーダンスのグラフから求められます。

$P_{CL} = V_{CL} \cdot I_{CLave}$: アクティブ・クランプ時の電力消費

$V_{CL} = 70V$: IPS70xxの V_{CLAMP} の標準値

$I_{CLave} = I_{CL} / 2$: アクティブ・クランプ時の平均電流

$t_{CL} = I_{CL} / |di/dt|$: アクティブ・クランプの期間

$di/dt = (V_{BATT} - V_{CL}) / L$: 減磁電流

アクティブ・クランプ時の温度上昇は、IPSの損傷を防ぐように制限して設計してください。

バッテリーの逆接続

バッテリーの逆接続状態では、他の保護機能が使えないことに注意してください。電流は、In、Dg、Gnd、Out ピンから Vcc ピンへ流れます (図 9)。

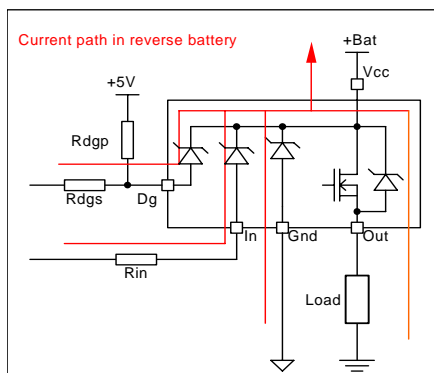


図9 バッテリーの逆接続状態における電流経路

出力ピンを流れる電流

バッテリーの逆接続時には、電流は負荷を通過して MOSFET のボディ・ダイオードに流れます。IPS 内の消費電力は次のように計算されます。

$$P_{dIPS} = V_f \times \frac{V_{BATT}}{R_{LOAD}}$$

ここで、 V_f は MOSFET のボディ・ダイオードの順方向電圧降下 (標準 0.7V)。

In と Dg を流れる電流

端子 (In と Dg) と直列に接続された抵抗が IPS の電流を制限します。これらの抵抗値は、標準的には 7.5kΩ です。

GND を流れる電流

GND 端子を流れる電流は、この端子に外付け部品を接続できないため、非常に大きくなる可能性があります。このため、ショットキ・ダイオードを正の V_{cc} ラインに接続します。

最大電圧定格

最大 V_{cc} 電圧

最大 V_{cc} 電圧は、IC の製造技術で決まるブレイクダウンしない最大電圧です。

最大連続 V_{cc} 電圧

最大連続 V_{cc} 電圧は、認定時に使われる電圧です。

推奨動作条件

主要な仕様に対して、デバイスが動作する推奨条件があります。一般に、推奨動作条件は定常状態でのデバイス動作の限界値を定めます。絶対最大定格は、過渡現象などの最悪の状態の限界値を定めます。

信頼性の高いハイサイド駆動

IPS の信頼性規則は、MOSFET のそれと同じです。接合温度の大きな変動は予測寿命を短くします。熱サイクル時の接合温度の変動は 7°C です。しかし、デバイスが長時間切り離された後に再起動させられると、接合温度の変動は大きくなります。

自動再起動が必要な場合は、コントローラが熱サイクルの中にデバイスを維持する必要があります。コントローラによる切り離しが必要な場合は、熱サイクルに入る再起動の回数を制限して、高レベルの信頼性を保証する必要があります。

©インターナショナル・レクティファイアー・ジャパン
この文献の無断複製・転載を禁じます。