

PWMリジェクション機能付きのハイサイド駆動、ハイサイド・ソレノイド電流モニタ

Arjun Prakash, Current Sensing Products



ソレノイドは、接極子またはプランジャと呼ばれる可動鉄芯の周囲に巻線を配置した電気機械的デバイスです。コイルに電流を流すと、磁界が発生し、接極子が一定の範囲で移動します。図 1 に、電気機械ソレノイドの様子を示します。ソレノイドはリレーのような、簡素なオン-オフのアプリケーション向けに設計されたもので、必要なのは二つの動作状態だけです。これらのソレノイドはリニア動作でも設計でき、コイルに流す電流に比例した位置にプランジャが移動します。リニア・ソレノイドは圧力、液体や空気などを高精度で安定化するようなアプリケーションで使用されます。車載アプリケーションでは、リニア・ソレノイドは燃料噴射器、トランスミッション、油圧サスペンションや、ハプティクス効果などに使用されます。また、リニア・ソレノイドは、高精度の空気流量制御が必要な、重要な医療用アプリケーションや、液体の流れの変更や制御が必要な工業用アプリケーションにも使われます。

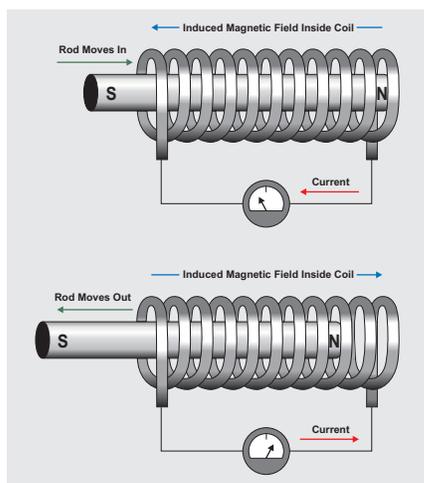


図 1. 電気機械的ソレノイドの構造

ソレノイドの接続や駆動回路には複数の構成があります。ソレノイドを駆動する主要な方法の一つに、ハイサイド駆動構成があります。この構成では、図 2 に示すように、電流センス・アンプはハイサイド・スイッチとソレノイドの間に接続され

ています。この構成の利点の一つは、ハイサイド・スイッチがオフになった場合に、ソレノイドがバッテリー電圧から絶縁されることです。使用時以外はソレノイドをバッテリーに接続しないことで、ソレノイドの劣化と、短期間での故障を防止できます。

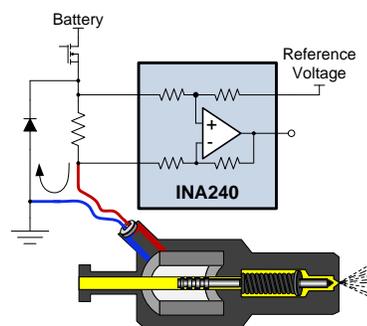


図 2. ハイサイド駆動、ハイサイド電流センスの構成

図 2 の電流センス・アンプは、高い dv/dt の同相モード信号の除去と、グラウンド電位以下まで振れるコモンモード電圧のサポートが必要になるでしょう。上記の構成で、ハイサイド・スイッチがオンになると、バッテリーからの電流が流れソレノイドが動作します。ハイサイド・スイッチのデューティ・サイクルがソレノイドに流れる電流を決定するとともに、プランジャの移動範囲を制御します。ハイサイド・スイッチがオフになると、電流はフライバック・ダイオードを流れ、コモンモード電圧を、グラウンド電位からダイオードの順方向電圧分だけ負極性の電圧まで下降させます。

ソレノイドとバルブは、高いインダクタンスを持っています。ソレノイドの実効インピーダンスは抵抗分とインダクタンス分に簡素化できます。コイルは銅線 ($4000\text{ppm}/^\circ\text{C}$) で構成され、抵抗分はハプティクス・アプリケーションの 1Ω から、リニアまたは位置バルブ・システムの 10Ω まで変化します。すべてのソレノイドのインダクタンスの範囲は $1\text{mH} \sim 10\text{mH}$ です。図 3 に、 25°C と 125°C における、オープンループ・モードのソレノイド・ドライバの電流プロファイルの例を示します。 100°C の周囲温度の上昇に対して、銅抵抗の補正な

しで、プランジャの移動距離の精度は40パーセント前後です。ソレノイドに流れる電流が、プランジャの移動距離を直接制御します。周囲温度が変化すると、プランジャの移動距離が変化し、圧力、液体や空気などを安定化している出力制御に影響を与えます。

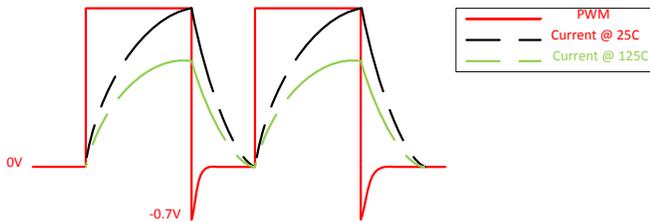


図 3. 各温度におけるソレノイドの電流プロファイル

ソレノイドやバルブのアプリケーションで電流計測を行うことで、ソレノイドの動作特性の変化を検出できます。電流計測によって、長期使用されているソレノイドの磁界の減少の影響を識別して、故障する前に、劣化した部品を検知することも可能です。オープン・ループのソレノイド制御システムでは、実効インピーダンスは、銅巻線の影響で、100°Cの温度上昇によって40パーセント変動することがあります。

INA240電流センス・アンプを使用した電流制御フィードバック・ループの電流計測では、温度変化に対するソレノイドのインピーダンス変化を40パーセントから最小で0.2パーセントまで抑えることが可能です。

INA240はハイサイド用の双方向電流センス・アンプであり、-4V~+80Vと広い範囲の同相モード電圧をサポートします。INA240は、特に高いdv/dtの過渡波形を除去する必要があるPWMアプリケーション内で使用するよう設計されました。INA240には、高いdv/dtの信号を除去するエンハンスドPWMリジェクション機能が集積されています。この機能によってブランキングタイムを短縮でき、より低いデューティ・サイクルで高精度のPWM電流計測が可能になります。このデバイスは低いオフセット電圧、ドリフト、ゲインや、400kHzと高い帯域幅を提供することから、PWMアプリケーション向けに高精度のインライン電流計測機能を提供します。液体、空気や圧力の高精度の制御が必要なバルブのアプリケーションでは、INA240を使うことで、高精度や温度変化に対する安定性を備えた電流計測の利点を活用できます。

その他の推奨デバイス

LMP8601は、この種のシステムで、より低い負極性の共通モード電圧が必要な場合に使用できます。-22Vの入力範囲によって、ソレノイドのより大きなキックバック電圧が存在する場合にある一定のマージンを提供します。LMP8601の妨げとなるものは、PWMグリッチ除去と、高いdv/dt信号の迅速なセトリングタイムです。

LMP8640HVは、ハイサイド駆動設定の要件をサポートする電流センス・アンプの良い例の一つです。LMP8640HVは、より高い信号帯域幅と低い入力オフセット電圧ドリフトが必要なアプリケーション向けに使用できます。

LMP8278Qも、PWMアプリケーションに使用できるその他のデバイスの一つです。LMP8278はAEC-Q100車載規格の認定取得済みで、-40°C~+125°Cの周囲温度範囲で仕様が保証されています。LMP8278の同相モード電圧範囲は-2V~+40Vであり、シャーン内でソレノイドを高精度に制御する必要がある場合、動力伝達機構のアプリケーションで使用できます。

表 1. その他の推奨デバイス

Device	Optimized Parameter	Performance Trade-Off
LMP8601	V _{cm} range: -22V to +60V	Bandwidth, Accuracy
LMP8640HV	Bandwidth: 950kHz	Slew rate, Longer step response settling
LMP8278Q	V _{cm} range: -2V to +40V, CMRR	Slew rate

表 2. 関連のTI TechNote

SBOA160	Low-Drift, Precision, In-Line Motor Current Measurements With Enhanced PWM Rejection
SBOA161	Low-Drift, Low-Side Current Measurements for ThreePhase Systems
SBOA163	High-Side Current Overcurrent Protection Monitoring
SBOA162	電流測定による異常状況の検出

IMPORTANT NOTICE FOR TI DESIGN

INFORMATION AND RESOURCES

Texas Instruments Incorporated ("TI") technical, application or other design advice, services or information, including, but not limited to, reference designs and materials relating to evaluation modules, (collectively, "TI Resources") are intended to assist designers who are developing applications that incorporate TI products; by downloading, accessing or using any particular TI Resource in any way, you (individually or, if you are acting on behalf of a company, your company) agree to use it solely for this purpose and subject to the terms of this Notice.

TI's provision of TI Resources does not expand or otherwise alter TI's applicable published warranties or warranty disclaimers for TI products, and no additional obligations or liabilities arise from TI providing such TI Resources. TI reserves the right to make corrections, enhancements, improvements and other changes to its TI Resources.

You understand and agree that you remain responsible for using your independent analysis, evaluation and judgment in designing your applications and that you have full and exclusive responsibility to assure the safety of your applications and compliance of your applications (and of all TI products used in or for your applications) with all applicable regulations, laws and other applicable requirements. You represent that, with respect to your applications, you have all the necessary expertise to create and implement safeguards that (1) anticipate dangerous consequences of failures, (2) monitor failures and their consequences, and (3) lessen the likelihood of failures that might cause harm and take appropriate actions. You agree that prior to using or distributing any applications that include TI products, you will thoroughly test such applications and the functionality of such TI products as used in such applications. TI has not conducted any testing other than that specifically described in the published documentation for a particular TI Resource.

You are authorized to use, copy and modify any individual TI Resource only in connection with the development of applications that include the TI product(s) identified in such TI Resource. NO OTHER LICENSE, EXPRESS OR IMPLIED, BY ESTOPPEL OR OTHERWISE TO ANY OTHER TI INTELLECTUAL PROPERTY RIGHT, AND NO LICENSE TO ANY TECHNOLOGY OR INTELLECTUAL PROPERTY RIGHT OF TI OR ANY THIRD PARTY IS GRANTED HEREIN, including but not limited to any patent right, copyright, mask work right, or other intellectual property right relating to any combination, machine, or process in which TI products or services are used. Information regarding or referencing third-party products or services does not constitute a license to use such products or services, or a warranty or endorsement thereof. Use of TI Resources may require a license from a third party under the patents or other intellectual property of the third party, or a license from TI under the patents or other intellectual property of TI.

TI RESOURCES ARE PROVIDED "AS IS" AND WITH ALL FAULTS. TI DISCLAIMS ALL OTHER WARRANTIES OR REPRESENTATIONS, EXPRESS OR IMPLIED, REGARDING TI RESOURCES OR USE THEREOF, INCLUDING BUT NOT LIMITED TO ACCURACY OR COMPLETENESS, TITLE, ANY EPIDEMIC FAILURE WARRANTY AND ANY IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY, FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE, AND NON-INFRINGEMENT OF ANY THIRD PARTY INTELLECTUAL PROPERTY RIGHTS.

TI SHALL NOT BE LIABLE FOR AND SHALL NOT DEFEND OR INDEMNIFY YOU AGAINST ANY CLAIM, INCLUDING BUT NOT LIMITED TO ANY INFRINGEMENT CLAIM THAT RELATES TO OR IS BASED ON ANY COMBINATION OF PRODUCTS EVEN IF DESCRIBED IN TI RESOURCES OR OTHERWISE. IN NO EVENT SHALL TI BE LIABLE FOR ANY ACTUAL, DIRECT, SPECIAL, COLLATERAL, INDIRECT, PUNITIVE, INCIDENTAL, CONSEQUENTIAL OR EXEMPLARY DAMAGES IN CONNECTION WITH OR ARISING OUT OF TI RESOURCES OR USE THEREOF, AND REGARDLESS OF WHETHER TI HAS BEEN ADVISED OF THE POSSIBILITY OF SUCH DAMAGES.

You agree to fully indemnify TI and its representatives against any damages, costs, losses, and/or liabilities arising out of your non-compliance with the terms and provisions of this Notice.

This Notice applies to TI Resources. Additional terms apply to the use and purchase of certain types of materials, TI products and services. These include; without limitation, TI's standard terms for semiconductor products (<http://www.ti.com/sc/docs/stdterms.htm>), [evaluation modules](#), and [samples](http://www.ti.com/sc/docs/sampterm.htm) (<http://www.ti.com/sc/docs/sampterm.htm>).

Mailing Address: Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265
Copyright © 2017, Texas Instruments Incorporated