

CVK シリーズ S タイプドライバの開発

永森 達矢

近年、更なる装置の高機能や小型化が求められています。CVK シリーズ S タイプドライバは、自作制御ボードでステッピングモーターを使用されているお客様向けに、もととなった CVK シリーズドライバの特性を継承した上で、基板に実装する仕様とし、装置の小型化と、高性能化に貢献できる製品としました。

本稿では、ベースとなった CVK シリーズドライバからの変更内容と、その背景について説明します。具体的には、CVK シリーズドライバから変更した回路構成や、新しく追加した機能 (I/O、モーター型番設定、SPI^(注1) 通信) の内容について紹介します。

1. はじめに

ステッピングモーターは、半導体製造、計測、分析など幅広い装置に使われています。特に小型化が必要な装置の量産化においては、上位コントローラとモータードライバを同一基板に実装した自作の制御ボードが用いられています。

自作制御ボードの多くには市販のステッピングモーター用ドライバICが採用されています。しかし、装置の性能や騒音に対する要求レベルが上がるにしたがって、市販のドライバICでは満足できないケースが増えています。

CVK シリーズドライバ (以下、CVD) は、従来のステッピングモーターより高トルク、低振動、低騒音という優れた特性を持っていますが基板実装には対応していませんでした。(図1 参照)



図1 CVK シリーズドライバ

そこで、CVDの特性を維持した上で自作制御ボードに実装可能な CVK シリーズ S タイプドライバ (以下、CVD-S) を開発しました。(図2参照)



図2 CVK シリーズ S タイプドライバ

本稿では、CVD-S を開発するにあたり、自作制御ボードに実装されることを考慮し新たに追加した機能や仕様と、その技術的背景について紹介します。

2. 特徴

2.1. 概要

CVD は、従来品と比較し、低振動・低騒音、高い静止角度精度、高トルク特性を実現しています⁽¹⁾⁽²⁾。

(図3、図4参照)

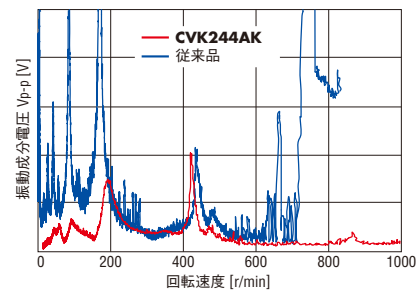


図3 回転振動特性

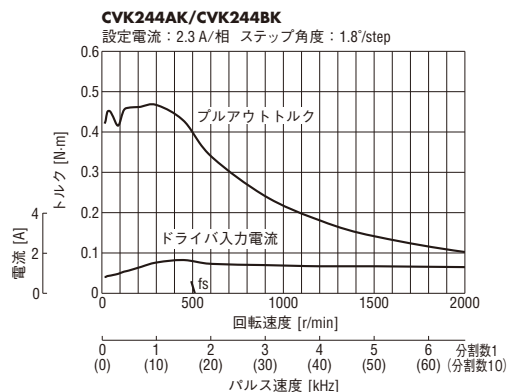
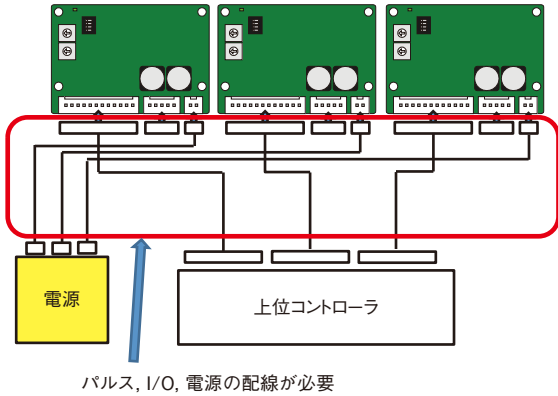


図4 回転速度-トルク特性

(注1) SPI: Serial Peripheral Interface

CVD-Sは、CVDの特性をそのままに、小型化・多機能化を実現しました。CVDに対し、I/Oのフォトカプラや電解コンデンサ、スイッチ類を実装しないことで小型化を実現しています。また、コネクタをピンヘッダとしたため、省スペースかつI/O機能を増やすことができました。(図5、図6参照)

CVD+盤内配線



CVD-S+プリント基板

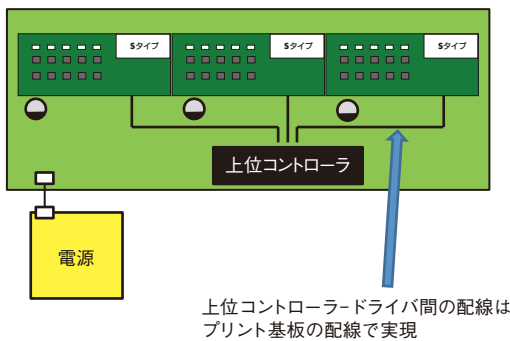


図5 システム構成例 (3軸の場合)

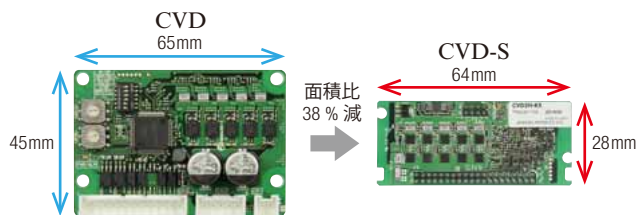


図6 基板サイズの比較

2.2. ラインアップ

CVD-Sは、モーターの相数、取付方法、設定方法の違いで計8種類のラインアップがあります。(表1参照)

動作指令はすべてパルスで行いますが、各種設定やモニタ方法として、I/O (I/O設定タイプ)とI/O+SPI通信 (SPI通信設定タイプ)の2種類から選べるようになっていきます。

表1 CVD-Sのラインアップ

品名	相数	取付方法	設定・モニタ方法
CVD5H-K	5	平置き	I/O
CVD5H-KS			I/O+SPI通信
CVD5V-K		縦置き	I/O
CVD5V-KS	2	平置き	I/O+SPI通信
CVD2H-K			I/O
CVD2H-KS		I/O+SPI通信	
CVD2V-K	縦置き	縦置き	I/O
CVD2V-KS			I/O+SPI通信

また、CVDでは、使用するモーターの定格ごとに最適な調整をしたドライバが必要でしたが、CVD-Sでは、I/Oまたは、SPI通信で選択することで、一つのドライバで各種定格のモーターに最適な設定で使用できます。(0.35~2.8 A/相)

CVD-Sは、設置方法によって、2種類の取付方向が選べます。高さ占有面積どちらを小さくしたいか、お客様の装置にあわせて選択できます。(表2参照)

表2 取付方向比較

接地方法	平置き	縦置き
	形状記号：H (Horizontal)	形状記号：V (Vertical)
外観 (矢印：挿入向き)		
実装例		
模式図		
使い分け	低背にしたい場合	基板占有面積を狭くしたい場合

2.3. 回路構成

CVD-Sは、CVDと比較して主に次の点を変更しています。

1) 制御電源、主電源の分離

制御電源 (5 V) と主電源 (24 V) とを分離することで、主電源遮断時にSPI通信でモニタや設定をできるようにしました。

2) 電解コンデンサの外付け設置

CVD-Sは、電源部の電解コンデンサの実装をしていません。お客様の制御ボードに電源用の電解コンデンサを自由に配置することができます。(推奨：容量 680 μF、耐圧 50 V)

3) 機能切り替えスイッチのI/O入力化

CVDではスイッチで設定していた機能をI/OまたはSPI通信で設定できます。

4) I/O仕様変更、点数増加

CVD-Sは、お客様の基板に直接実装されます。そのため、I/O部の絶縁は必要なくなり、CMOS入力とオープンコレクタ出力とすることでフォトカプラをなくしました。

加えて、コネクタをピンヘッダとしたことで省スペースにできました。これによって、狭いスペースでピン数を増やすことができるため、スイッチで設定していた機能をI/O入力化しつつ、機能も増やすことができました。接続例を図7に示します。

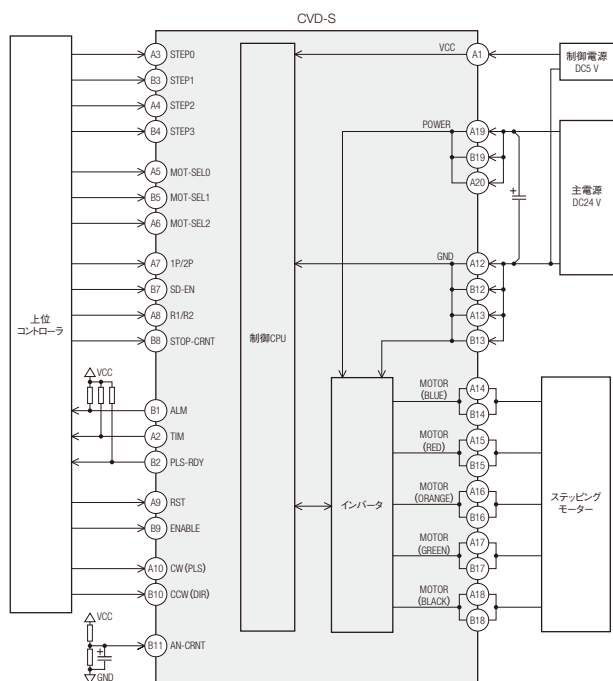


図7 接続例 (I/O設定タイプ)

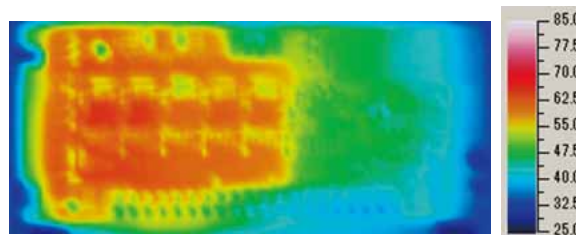
3. 熱対策

3.1. 概要

モータードライバでは、熱対策は大きな課題です。発熱が大きい場合、実装位置の調整、放熱板の装着や、強制空冷などが必要になります。特に、小型装置では熱対策ができるスペースが狭く、自作制御ボードの変更は大変な労力がかかります。

CVD-Sは、CVDと同様に低損失スイッチング素子の採用による低発熱化、基板パターンによる放熱性の向上を図っています。

図8に運転時の発熱分布(サーモグラフィー画像)を示します。最大電流である2.8 A/相設定で、ドライバの発熱にとって厳しい条件である低速運転で測定しました。今回の測定条件では、最高で68℃(周囲温度+45℃)であり、アラーム発生もなく自然空冷でも正常に動作できる範囲内でした。



条件	
モーター電流	2.8 A/相 (2相)
モーター	PKP268D28B
回転速度	30 r/min (連続運転)
周囲温度	23 °C
冷却	自然空冷

図8 CVD-Sの発熱分布

3.2. 低損失スイッチング素子の採用

モーター電流を制御するスイッチング素子(Nch MOSFET : 以下FET)は、ドライバに搭載されている電子部品の中で発熱が大きい部品の一つです。FETの発熱の主要因は、素子に電流を流した際に、オン抵抗の大きさに比例して増加する導通損失です。CVD-Sは、CVDと同様に従来製品に搭載されているFETのオン抵抗を1/20に低減した低損失のFETを採用しました。これにより、発熱量自体を低減しています。

3.3. プリント基板への放熱を考慮したパターン設計

FETの信頼性を確保するためには、FETの温度を低く抑えることが重要です。CVDより前のドライバの熱対策は、FETで発生した熱を、外付けのアルミニウム製放熱板に逃がすことで温度上昇を規定値に抑えるというものでした。これに対し、CVDとCVD-Sでは、プリント基板自体を放熱板として有効に機能させることで、外付けのアルミニウム製放熱板を不要としています。そのためには、プリント基板の熱抵抗を下げる必要があります。以下の点に留意し設計しました。

- 1) 銅箔(どうはく)の面積を極力広く確保
- 2) スルーホール並列接続

また、FETは素子内部で発生した熱を効率よくプリント基板に伝えるパッケージをもつデバイスを採用しました。図9にCVD-Sのプリント基板断面模式図を、図10に実際のプリント基板パターンを示します。

FETで発生した熱は、プリント基板の銅箔を伝わることで放熱されます。

発熱量自体の低減、およびプリント基板への放熱構造により、外付けのアルミニウム製放熱板を装着することなく、出力電流値を上げることが可能となりました。

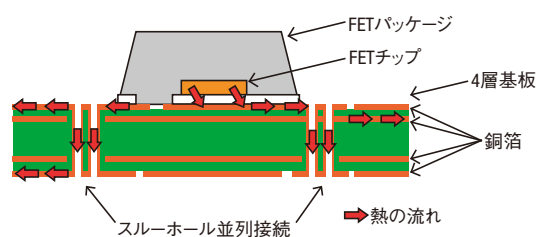


図9 FETおよびプリント基板内の熱伝導

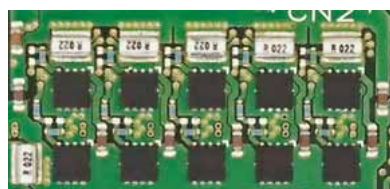


図10 FET周辺のプリント基板パターン

4. CVD-S I/O機能

CVD-SのI/O設定タイプとSPI通信設定タイプの両方で、CVDから変更したI/O機能を表3に示します。

リセット入力やモーター型番設定を追加することで、回路の簡略化や、お客様の自作制御ボードの在庫低減や品種削減に貢献できます。

1) パルスレディ出力 (PLS-RDY)

運転可能であることを知らせる出力信号です。

次の条件がすべて満たされると、PLS-RDYがLレベルになります。

- ・制御電源、主電源が入力されている
- ・アラームが発生していない
- ・RSTがHレベル
- ・励磁指令を入力している
- ・内部ステートが運転ステート (SPI通信設定タイプ)

2) 分解能設定 (R1/R2, STEP0~3)

5つの入力信号の組み合わせで32通りの設定が可能です。設定できる値は、CVDから変更ありません。

SPI通信設定タイプでは、SPI通信から設定できます。

3) モーター型番設定入力 (MOT-SEL0~2)

CVDでは、各モーターに最適なパラメータ設定を行うことで、高い特性を実現しています。

CVD-Sでは、3つの入力信号を使用することで、使用するモーターの定格電流にしたがい、6つの設定から選択します。

一つのドライバで各種定格のモーターに最適な設定で使用できるため、お客様におけるCVD-Sの在庫低減につながります。

また、はんだ付けでCVD-Sを実装しても、モーター変更に対応できます。そのため、モーターが異なる装置に同一の自作制御ボードを使用する場合に、あらかじめCVD-Sを実装しておくことができます。これは、自作制御ボードの在庫低減、そして、品種削減につながります。

4) 運転電流設定入力 (AN-CRNT)

アナログ電圧で、運転電流を設定できます。アナログ値ですので、これまでのCVDより細かく設定できます。

また、発熱を抑えるために負荷条件や運転パターンにあわせて、運転電流を設定することも可能です。

5) リセット入力 (RST)

分解能やモーター型番設定は、即時反映ではなく制御電源の再投入または、RSTを使用することで反映されます。

自作制御ボード全体の制御電源を再投入せずに、設定を反映できるので、電源回路の簡略化につながります。

表3 CVD-SとCVDのI/O機能比較

項目 (名称はCVD-S基準)	CVD-Sでの信号名		対応するCVDの 信号名	CVDからの変更内容
	I/O設定タイプ	SPI通信設定タイプ		
パルスレディ出力	PLS-RDY	PLS-RDY	-	新規追加
アラーム出力	ALM	ALM	ALM	同等
タイミング出力	TIM	TIM	TIM	同等
ステップ角度	-	-	CS	削除
励磁 ON 入力	ENABLE	ENABLE	AWO	AWO : ON で励磁 OFF ENABLE : H レベルで励磁 ON
リセット入力	RST	RST	-	新規追加
スムーズドライブ機能設定入力	SD-EN	SD-EN	SD	同等
指令フィルタ	-	(SPI)*	FIL	I/O設定は削除
運転電流設定入力	AN-CRNT	AN-CRNT	RUN	CVD : 16段階スイッチ入力 CVD-S : アナログ電圧入力
停止電流設定入力	STOP-CRNT	STOP-CRNT	STOP	同等
分解能テーブル設定入力	R1/R2	(SPI)*	R1/R2	同等
分解能設定入力	STEP0~3	(SPI)*	STEP	同等
パルス入力方式設定入力	1P/2P	(SPI)*	1P/2P	同等
モーター型番設定入力	MOT-SEL0~2	MOT-SEL0~2	-	新規追加

* SPI通信のみ設定可能

5. CVD-S SPI通信機能

5.1. 概要

CVD-S (SPI通信設定タイプ)では、SPI通信により各種パラメータの設定および状態のモニタができます。

SPI通信を使用することで、自作制御ボードでの接続端子数を減らしながらも、I/O設定に比べてより多くの設定やモニタが可能です。お客様の装置の機能やメンテナンスのしやすさを向上し、さらに貢献できます。

SPI通信は、IC間のオンボード通信で広く使われているクロック同期方式1対多のシリアル通信です。(図11参照)

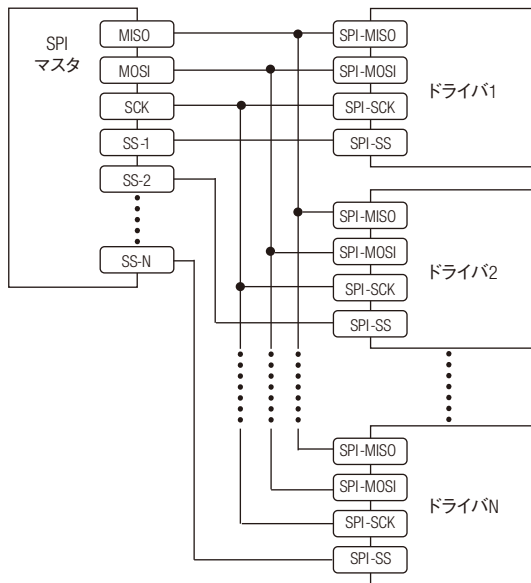


図 11 SPI多軸バス接続図

CVD-S (SPI通信設定タイプ)では、独自の通信プロトコルを使用しています。設定/モニタコマンドの他に、状態遷移の命令があります。各状態(ステート)で通信できる内容に違いがあります。(表4参照)

ACTIVATEコマンドを発行することで設定ステートから運転ステートへ遷移、DEACTIVATEコマンドを発行することで運転ステートから設定ステートへ遷移します。

設定の反映タイミングは、設定するパラメータによって即時かACTIVATE時か異なります。

表 4 設定 / 運転ステート時の動作

動作	設定ステート	運転ステート
励磁 / 運転	×	○
設定 (遷移時)*1	○	×
設定 (即時)*2	○	○
ステート遷移 (Activate)	○	×
ステート遷移 (Deactivate)	×	○
モニタ	○	○

*1 設定ステートから運転ステートへの遷移時反映

*2 即時反映

○:可能 ×:不可能

5.2. 設定可能な項目

SPI通信で設定可能な項目を表5に示します。

I/O設定タイプで設定できる項目は、すべてSPI通信から設定が可能です。

一部の機能に関しては、SPI通信ではなくI/Oから設定することも可能です。SPI通信で設定するかI/Oで設定するかは、SPI通信から設定できます。(例:スムーズドライブ機能設定元、運転電流設定元)

また、I/O設定タイプと異なり、運転電流と停止電流を個別に設定可能です(停止電流連動設定)。そのため、電流設定による発熱対策を容易にしています。

表 5 SPI通信設定項目一覧

アドレス	内容	bit	詳細
02h	ネットワーク入力	B15	アラーム LED 点灯禁止
		B14	パワー LED 点灯禁止
		B9	指令フィルタ
		B8	スムーズドライブ機能
		B3	通信エラークリア
		B2	アラームリセット
		B1	励磁切り替え
04h	運転電流	-	0.1~100.0%の範囲で設定可能
06h	停止電流	-	0.1~50.0%の範囲で設定可能
0Ah	ドライバ設定	B14	パルス入力方式設定元
		B13	スムーズドライブ機能設定元
		B12	運転電流設定元
		B11	停止電流設定元
		B10	モーター型番設定設定元
		B9	励磁切り替え設定元
		B6	パルス入力方式
B3	停止電流連動設定		
0Ch	分解能	-	200~125,000 P/Rの範囲で分解能の表から選択
0Eh	モーター型番設定	-	接続するモーター型番に合わせて設定を選択

5.3. モニタ可能な項目

SPI通信でモニタできる、代表的な項目を表6に示します。

表6 SPI通信モニタ項目一覧

アドレス	内容	Bit	詳細
22h	ネットワーク出力	B5	主電源状態
		B4	過熱
		B3	励磁状態 (励磁 / 無励磁)
		B2	パルスレディ
		B1	励磁原点 (TIM 信号)
		B0	アラーム
24h	アラーム	-	-
26h	ドライバ温度	-	-
28h	主電源電圧	-	-
2Ah	アナログ入力電圧	-	-
2Ch	パルスカウンタ	-	-
40h	ドライバタイプ	-	-
42h	ソフトウエア	-	-
44h	ソフトウエアバージョン	-	-

・過熱

過熱モニタは、過熱アラームが発生する温度より低い温度で出力します。

過熱アラームが発生するとモーターは無励磁となり緊急停止するため、過熱モニタによりその前に、温度を下げる対策が可能です。

・パルスカウンタ

ドライバが認識したパルス数を取得できます。上位コントローラからのパルス数と比較することで、ノイズによる誤動作の確認や、開発時のデバッグとして使用できます。

・アラームコード

LED点滅回数を見なくても、アラーム原因が上位で判別できるため、トラブル対応が容易となります。

6.まとめ

CVD-S は、自作制御ボードでステッピングモーターを使用されているお客様向けに、低振動・低騒音・高トルクなCVDの特性を落とさず、プリント基板に実装する仕様とすることで、装置の小型化、高性能化に貢献できる製品としました。実装型ドライバで問題となりやすい熱の対策として損失の小さいスイッチング素子の採用、ならびにプリント基板への放熱構造の採用により、大幅に発熱を低減しました。また、CVD-Sで追加したI/O機能やSPI通信機能を実装した背景について紹介しました。

今後も、CVD-Sの開発で生み出した新技術をさらに発展させ、お客様のご要望に応える製品開発を行っていきます。

参考文献

- (1) 瀬谷 茂樹,「ステッピングモーターユニットDC電源入力**CVK**シリーズの特長」,RENGA, No 179, (2014),pp12-17
- (2) 引頭 一樹,「ステッピングモーターユニット**CVK**シリーズ用ドライバの制御と回路技術」,RENGA, No 180, (2014),pp28-32

筆者



永森 達矢

第1商品開発部