

500 V, 1 A~3 A
高圧 3 相モータドライバ
SLA68xxMH シリーズ

概要

SLA68xxMH シリーズは、出力素子、プリドライバおよび制限抵抗付きブートストラップダイオードを 1 パッケージにした、高圧 3 相モータ用ドライバです。

パッケージは ZIP24 のアルミ放熱板付きタイプを採用し、実装条件に応じてリードフォーミングも選択できます。小～中容量モータのインバータ制御に最適です。

特長

- ブートストラップダイオード内蔵 (制限抵抗 210 Ω)
- CMOS (5 V 系) 入力レベル対応
- シャットダウン機能
- 端子部 Pb フリー (RoHS 対応)
- 保護機能

電源電圧低下保護機能

VBx 端子 (UVLO_VB) : 自動復帰

VCC1 端子 (UVLO_VCC1) : 自動復帰

VCC2 端子 (UVLO_VCC2) : 自動復帰

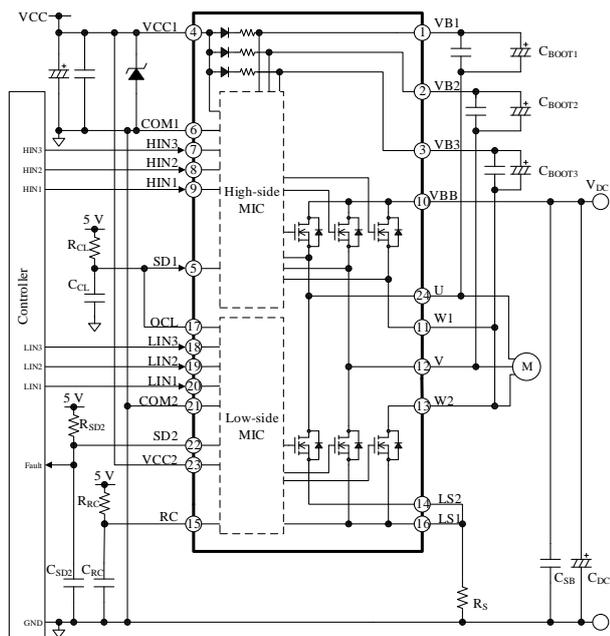
過電流制限機能 (OCL)

過電流保護機能 (OCP) :

自動復帰、OCP 動作時の停止時間を調整可能

サーマルシャットダウン (TSD) : 自動復帰

応用回路例



パッケージ

ZIP24 (アルミ放熱板付き)



LF 2175



LF 2171

原寸大ではありません。

シリーズラインアップ

出力耐圧	電流定格	製品名
500 V	2.5 A	SLA6868MH
	3.0 A	SLA6870MH

アプリケーション

- 洗濯乾燥機のファン・ポンプ駆動
- エアコンのファンモータ駆動
- 空気清浄機・扇風機のファンモータ駆動

目次

概要	1
目次	2
1. 絶対最大定格	4
2. 推奨動作条件	5
3. 電気的特性	6
3.1 制御部特性	6
3.2 ブートストラップダイオード特性	7
3.3 熱抵抗	7
3.4 出力素子特性	8
3.4.1 SLA6868MH	8
3.4.2 SLA6870MH	9
4. 機械的特性	9
5. 真理値表	10
6. ブロックダイアグラム	11
7. 各端子機能	12
8. 応用回路例	13
9. 外形図	14
9.1 ZIP24 (LF2175)	14
9.2 ZIP24 (LF2171)	15
10. 捺印仕様	16
10.1 ZIP24	16
11. 機能説明	17
11.1 起動、停止時の注意	17
11.2 各端子の設定	17
11.2.1 U、V、W1、W2 端子	17
11.2.2 VBB 端子	17
11.2.3 LS1、LS2 端子	17
11.2.4 VB1、VB2、VB3 端子	17
11.2.5 VCC1、VCC2 端子	18
11.2.6 COM1、COM2 端子	19
11.2.7 HIN1、HIN2、HIN3 端子 LIN1、LIN2、LIN3 端子	19
11.2.8 OCL 端子	20
11.2.9 RC 端子	20
11.2.10 SD1 端子、SD2 端子	20
11.3 保護機能	21
11.3.1 エラー出力	21
11.3.2 シャットダウン信号入力	21
11.3.3 電源電圧低下保護機能 (UVLO)	21
11.3.4 過電流制限機能 (OCL)	22
11.3.5 過電流保護機能 (OCP)	23
11.3.6 サーマルシャットダウン (TSD)	24
12. 設計上の注意点	24
12.1 パターンレイアウト	24
12.2 放熱器を取り付ける際の注意	25

12.3 IC の特性を測定する際の注意 -----	25
13. 損失の計算とジャンクション温度の推定 -----	26
13.1 パワーMOSFET の定常損失 P_{RON} -----	26
13.2 パワーMOSFET のスイッチング損失 P_{SW} -----	26
13.3 ボディーダイオードの定常損失 P_{SD} -----	27
13.4 パワーMOSFET のジャンクション温度の推定 -----	27
14. 代表特性 -----	28
14.1 過渡熱抵抗 -----	28
14.2 制御部代表特性 -----	29
14.3 出力特性 -----	35
14.3.1 出力素子特性 -----	35
14.3.2 スwitchング損失 -----	36
14.4 許容実効電流特性グラフ -----	37
14.4.1 SLA6868MH -----	37
14.4.2 SLA6870MH -----	38
15. パターンレイアウト例 -----	39
16. モータドライバ回路例 -----	41
注意書き -----	42

SLA68xxMH シリーズ

1. 絶対最大定格

電流値の極性は、IC を基準にして流入（シンク）を“+”、流出（ソース）を“-”と規定します。

特記がない場合の条件は $T_A = 25\text{ }^\circ\text{C}$ です。また COM1 端子と COM2 端子を短絡し、その電位を COM と示します。

項目	記号	条件	定格	単位	備考
パワーMOSFET 出力耐圧	V_{DSS}	VBB-LSx 間、 $V_{CC} = 15\text{ V}$ 、 $I_D = 100\text{ }\mu\text{A}$ 、 $V_{IN} = 0\text{ V}$	500	V	
制御電源電圧	V_{CC}	VCC1-COM 間、 VCC2-COM 間	20	V	
	V_{BS}	VB1-U 間、 VB2-V 間、 VB3-W1 間	20		
出力電流（連続） ⁽¹⁾	I_O	$T_C = 25\text{ }^\circ\text{C}$ 、 $T_J < 150\text{ }^\circ\text{C}$	2.5	A	SLA6868MH
			3.0		SLA6870MH
出力電流（パルス）	I_{OP}	$T_C = 25\text{ }^\circ\text{C}$ 、 $T_J < 150\text{ }^\circ\text{C}$ 、 $P_W \leq 100\text{ }\mu\text{s}$ 、 duty cycle = 1%	3.75	A	SLA6868MH
			4.5		SLA6870MH
入力電圧	V_{IN}	HIN1-COM 間、 HIN2-COM 間、 HIN3-COM 間、 LIN1-COM 間、 LIN2-COM 間、 LIN3-COM 間	-0.5~7	V	
SD 端子電圧	V_{SD}	SD1-COM 間、 SD2-COM 間	-0.5~7	V	
許容損失	P_D	$T_C = 25\text{ }^\circ\text{C}$	32.8	W	SLA6868MH/70MH
動作ケース温度 ⁽²⁾	$T_{C(OP)}$		-30~100	$^\circ\text{C}$	
ジャンクション温度 ⁽³⁾	T_J		150	$^\circ\text{C}$	
保存温度	T_{STG}		-40~150	$^\circ\text{C}$	

⁽¹⁾ 実際のケース温度に応じたディレーティングが必要（14.4 項 許容実効電流特性グラフ参照）

⁽²⁾ IC 動作時のケース温度

⁽³⁾ IC 内部の各チップ（制御 IC、パワーMOSFET）のジャンクション温度

SLA68xxMH シリーズ

2. 推奨動作条件

特記がない場合、COM1 端子と COM2 端子を短絡し、その電位を COM と示します。

項目	記号	条件	Min.	Typ.	Max.	単位	備考
主電源電圧	V_{DC}	VBB-LS1 間、 VBB-LS2 間	—	300	400	V	
主電源スナバコンデンサ	C_{SB}		0.01	—	0.1	μF	
制御電源電圧	V_{CC}	VCC1-COM 間、 VCC2-COM 間	13.5	15.0	16.5	V	
	V_{BS}	VB1-U 間、 VB2-V 間、 VB3-W1 間	13.5	—	16.5	V	
保護用ツェナー電圧	V_Z	VCC1-COM 間、 VCC2-COM 間	18	—	20	V	
入力電圧 (HINx、LINx、SDx)	V_{IN}		0	—	5.5	V	
SDx 端子プルアップ電圧	V_{SD}		3.0	—	5.5	V	
OCL 端子プルアップ電圧	V_{CL}		3.0	—	5.5	V	
SDx 端子プルアップ抵抗	R_{SD}		3.3	—	10	$k\Omega$	
OCL 端子プルアップ抵抗	R_{CL}		1	—	10	$k\Omega$	
SDx 端子コンデンサ	C_{SDx}		1	—	10	nF	
OCL 端子コンデンサ	C_{CL}		1	—	10	nF	
RC 端子コンデンサ	C_{RC}		1	—	4.7	nF	
RC 端子プルアップ抵抗	R_{RC}		33	—	680	$k\Omega$	
最小入力パルス幅	$t_{IN(MIN)ON}$	$T_J = -25 \sim 150 \text{ }^\circ\text{C}$	0.5	—	—	μs	
	$t_{IN(MIN)OFF}$	$T_J = -25 \sim 150 \text{ }^\circ\text{C}$	0.5	—	—	μs	
入力信号デッドタイム	t_{DEAD}		1.5	—	—	μs	
スイッチング周波数	f_c		—	—	20	kHz	
ブートストラップ コンデンサ	C_{BOOT}		1	—	220	μF	
シャント抵抗	R_S	$I_P \leq 3.75\text{A}$	290	—	—	m Ω	SLA6868MH
		$I_P \leq 4.5\text{A}$	240	—	—		SLA6870MH
PWM キャリア周波数	f_C		—	—	20	kHz	
動作ケース温度	$T_{C(OP)}$		—	—	100	$^\circ\text{C}$	

SLA68xxMH シリーズ

3. 電気的特性

電流値の極性は、IC を基準にして流入（シンク）を“+”、流出（ソース）を“-”と規定します。特記がない場合の条件は $T_A = 25\text{ }^\circ\text{C}$ 、 $V_{CC} = 15\text{ V}$ です。また COM1 端子と COM2 端子を短絡し、その電位を COM と示します。

3.1 制御部特性

項目	記号	条件	Min.	Typ.	Max.	単位	備考
電源部							
制御動作開始電圧	$V_{CC(ON)}$	VCC1-COM 間、 VCC2-COM 間	10.5	11.5	12.5	V	
	$V_{BS(ON)}$	VB1-U 間、 VB2-V 間、 VB3-W1 間	9.5	10.5	11.5	V	
制御動作停止電圧	$V_{CC(OFF)}$	VCC1-COM 間、 VCC2-COM 間	10.0	11.0	12.0	V	
	$V_{BS(OFF)}$	VB1-U 間、 VB2-V 間、 VB3-W1 間	9.0	10.0	11.0	V	
制御電源電流	I_{CC}	$I_{REG} = 0\text{ A}$	—	2.7	5.0	mA	
	I_{BS}	$V_{BX} = 15\text{ V}$ 、 $HIN_x = 5\text{ V}$	—	135	380	μA	
入力信号部							
ハイレベル入力しきい電圧 (HIN_x 、 LIN_x 、 SD_x)	V_{IH}		—	2.1	2.6	V	出力素子オン
ローレベル入力しきい電圧 (HIN_x 、 LIN_x 、 SD_x)	V_{IL}		0.8	1.3	—	V	出力素子オフ
入力しきい電圧ヒステリシス	V_{HYS}		—	0.8	—		
入力電流	I_{IH}	$V_{IN} = 5\text{ V}$	—	230	500	μA	
保護機能							
SD_x 端子、OCL 端子 ローレベル出力電圧	$V_{SD(ON)}$	$V_{SD} = V_{CL} = 5\text{ V}$ 、 $R_{UP} = 3.3\text{ k}\Omega$	—	—	0.6	V	
電流リミッタ基準電圧	V_{LIM}		0.50	0.53	0.56	V	
過電流保護動作電圧	V_{TRIP}		0.9	1.0	1.1	V	
過電流保護保持時間	t_p	$V_{RC} = 5\text{ V}$ 、 $R_{RC} = 330\text{ k}\Omega$ 、 $C_{RC} = 0.0047\text{ }\mu\text{F}$	—	1.0	—	ms	
		$V_{RC} = 5\text{ V}$ 、 $R_{RC} = 360\text{ k}\Omega$ 、 $C_{RC} = 0.0047\text{ }\mu\text{F}$	—	1.1	—	ms	
過電流保護ブランキング時間	t_{BK}		—	2.0	—	μs	
サーマルシャットダウン動作 温度	T_{DH}		120	135	150	$^\circ\text{C}$	
サーマルシャットダウン動作 解除温度	T_{DL}		90	105	120	$^\circ\text{C}$	
サーマルシャットダウン動作 温度ヒステリシス	T_{D_HYS}		—	30	—	$^\circ\text{C}$	

SLA68xxMH シリーズ

3.2 ブートストラップダイオード特性

項目	記号	条件	Min.	Typ.	Max.	単位	備考
ブートストラップダイオードリーク電流	I_{LBD}	$V_R = 500 \text{ V}$ 、 $V_{IN} = 0 \text{ V}$	—	—	10	μA	
ブートストラップダイオード順電圧	V_{FB}	$I_{FB} = 0.05 \text{ A}$ 、 $V_{IN} = 0 \text{ V}$	—	0.8	1.3	V	
ブートストラップダイオード直列抵抗	R_{BOOT}		168	210	252	Ω	

3.3 熱抵抗

項目	記号	条件	Min.	Typ.	Max.	単位	備考
ジャンクション-ケース間熱抵抗 ⁽¹⁾	$R_{(J-C)}$ ⁽²⁾	パワーMOSFET 全素子動作時			3.8	$^{\circ}\text{C}/\text{W}$	SLA6868MH/ 70MH

(1) ケース温度は図 3-1 で規定

(2) 内部スイッチング素子のジャンクションとケース間の定常熱抵抗（過渡熱特性は 14.1 項を参照）

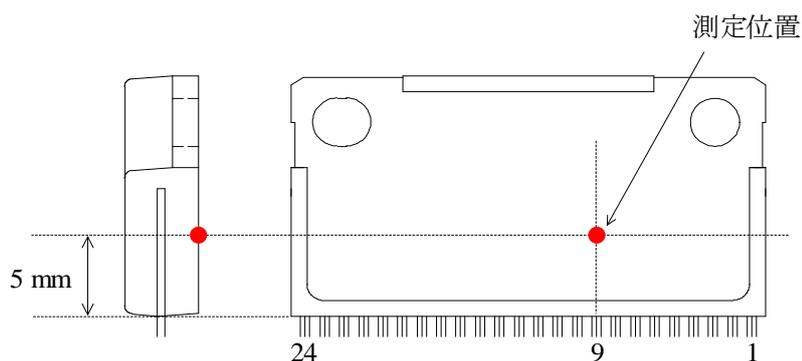


図 3-1 ケース温度測定位置

3.4 出力素子特性

本項に示すスイッチング特性の定義は図 3-2 のとおりです。

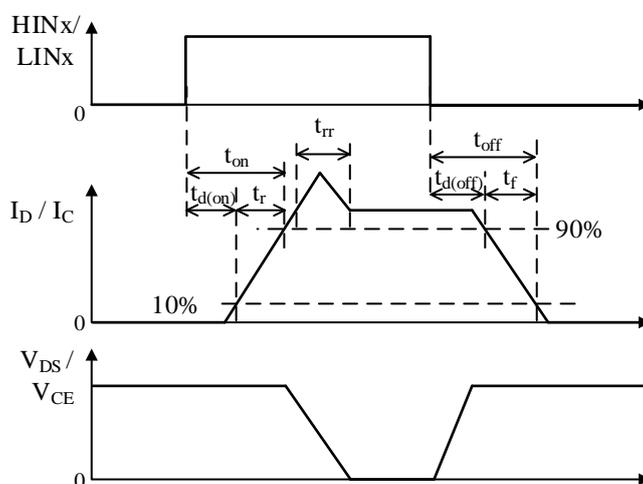


図 3-2 スwitchング時間の定義

3.4.1 SLA6868MH

項目	記号	条件	Min.	Typ.	Max.	単位
ドレイン-ソース間漏れ電流	I_{DSS}	$V_{DS} = 500 \text{ V}$ 、 $V_{IN} = 0 \text{ V}$	—	—	100	μA
ドレイン-ソース間オン抵抗	$R_{DS(ON)}$	$I_D = 1.25 \text{ A}$ 、 $V_{IN} = 5 \text{ V}$	—	2.0	2.4	Ω
ソース-ドレイン間ダイオード順電圧	V_{SD}	$I_{SD} = 1.25 \text{ A}$ 、 $V_{IN} = 0 \text{ V}$	—	1.1	1.5	V
ハイサイドスイッチング特性						
ソース-ドレイン間ダイオード逆回復時間	t_{rr}	$V_{DC} = 300 \text{ V}$ 、 $I_D = 2.5 \text{ A}$ 、 $V_{IN} = 0 \text{ V} \sim 5 \text{ V}$ 、 $T_J = 25 \text{ }^\circ\text{C}$ 、 誘導負荷	—	120	—	ns
ターンオン遅延時間	$t_{d(ON)}$		—	820	—	ns
上昇時間	t_r		—	100	—	ns
ターンオフ遅延時間	$t_{d(OFF)}$		—	740	—	ns
下降時間	t_f		—	30	—	ns
ローサイドスイッチング特性						
ソース-ドレイン間ダイオード逆回復時間	t_{rr}	$V_{DC} = 300 \text{ V}$ 、 $I_D = 2.5 \text{ A}$ 、 $V_{IN} = 0 \text{ V} \sim 5 \text{ V}$ 、 $T_J = 25 \text{ }^\circ\text{C}$ 、 誘導負荷	—	130	—	ns
ターンオン遅延時間	$t_{d(ON)}$		—	790	—	ns
上昇時間	t_r		—	110	—	ns
ターンオフ遅延時間	$t_{d(OFF)}$		—	700	—	ns
下降時間	t_f		—	30	—	ns

SLA68xxMH シリーズ

3.4.2 SLA6870MH

項目	記号	条件	Min.	Typ.	Max.	単位
ドレイン-ソース間漏れ電流	I_{DSS}	$V_{DS} = 500\text{ V}$ 、 $V_{IN} = 0\text{ V}$	—	—	100	μA
ドレイン-ソース間オン抵抗	$R_{DS(ON)}$	$I_D = 1.5\text{ A}$ 、 $V_{IN} = 5\text{ V}$	—	1.4	1.7	Ω
ソース-ドレイン間ダイオード順電圧	V_{SD}	$I_{SD} = 1.5\text{ A}$ 、 $V_{IN} = 0\text{ V}$	—	1.0	1.5	V
ハイサイドスイッチング特性						
ソース-ドレイン間ダイオード逆回復時間	t_{rr}	$V_{DC} = 300\text{ V}$ 、 $I_D = 3\text{ A}$ 、 $V_{IN} = 0\text{ V} \sim 5\text{ V}$ 、 $T_J = 25\text{ }^\circ\text{C}$ 、 誘導負荷	—	100	—	ns
ターンオン遅延時間	$t_{d(ON)}$		—	755	—	ns
上昇時間	t_r		—	65	—	ns
ターンオフ遅延時間	$t_{d(OFF)}$		—	680	—	ns
下降時間	t_f		—	15	—	ns
ローサイドスイッチング特性						
ソース-ドレイン間ダイオード逆回復時間	t_{rr}	$V_{DC} = 300\text{ V}$ 、 $I_D = 3\text{ A}$ 、 $V_{IN} = 0\text{ V} \sim 5\text{ V}$ 、 $T_J = 25\text{ }^\circ\text{C}$ 、 誘導負荷	—	105	—	ns
ターンオン遅延時間	$t_{d(ON)}$		—	645	—	ns
上昇時間	t_r		—	70	—	ns
ターンオフ遅延時間	$t_{d(OFF)}$		—	560	—	ns
下降時間	t_f		—	20	—	ns

4. 機械的特性

項目	Min.	Typ.	Max.	単位	備考
締付けトルク	58.8	—	78.4	N·cm	SLA6868MH/ 70MH

5. 真理値表

表 5-1 に各動作モードの真理値表を示します。

各相において、HIN_x と LIN_x に“H”を入力した場合、出力素子はハイサイド、ローサイド共にオンになります（同時オン）。同時オンが発生しないように、入力を設定する必要があります。

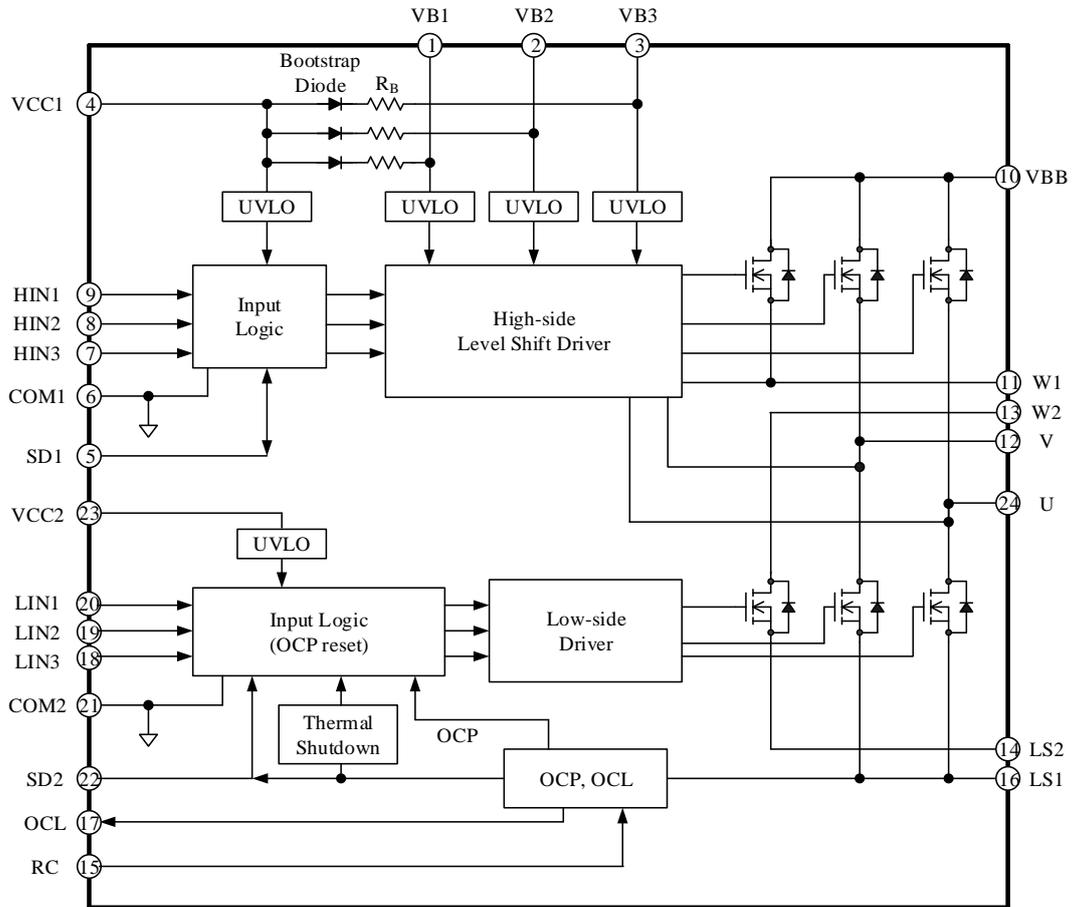
VCC2 端子電源電圧低下保護（UVLO_VCC2）から復帰した後は、ローサイドの出力素子は入力論理に応じてオン/オフし（レベル動作）、ハイサイドの出力素子は、次の立ち上がりエッジからオン/オフします（エッジ動作）。

VB_x 端子または VCC1 端子の電源電圧低下保護（UVLO_VB、UVLO_VCC1）から復帰した後は、次の立ち上がりエッジからハイサイドの出力素子をオン/オフします（エッジ動作）。

表 5-1 各動作モードの真理値表

モード	HIN _x	LIN _x	ハイサイド出力素子	ローサイド出力素子
定常動作	L	L	OFF	OFF
	H	L	ON	OFF
	L	H	OFF	ON
	H	H	ON	ON
外部シャットダウン信号入力 (SD2 = “L”)	L	L	OFF	OFF
	H	L	ON	OFF
	L	H	OFF	OFF
	H	H	ON	OFF
VB _x 端子電源電圧低下保護動作 (UVLO_VB)	L	L	OFF	OFF
	H	L	OFF	OFF
VCC1 端子電源電圧低下保護動作 (UVLO_VCC1)	L	H	OFF	ON
	H	H	OFF	ON
VCC2 端子電源電圧低下 保護動作 (UVLO_VCC2)	L	L	OFF	OFF
	H	L	ON	OFF
	L	H	OFF	OFF
	H	H	ON	OFF
過電流保護動作 (OCP)	L	L	OFF	OFF
	H	L	ON	OFF
	L	H	OFF	OFF
	H	H	ON	OFF
過電流制限保護機能 (OCL) (OCL = SD1)	L	L	OFF	OFF
	H	L	OFF	OFF
	L	H	OFF	ON
	H	H	OFF	ON
サーマルシャットダウン動作 (TSD)	L	L	OFF	OFF
	H	L	ON	OFF
	L	H	OFF	OFF
	H	H	ON	OFF

6. ブロックダイアグラム



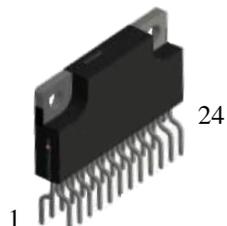
SLA68xxMH シリーズ

7. 各端子機能

Leadform 2175



Leadform 2171

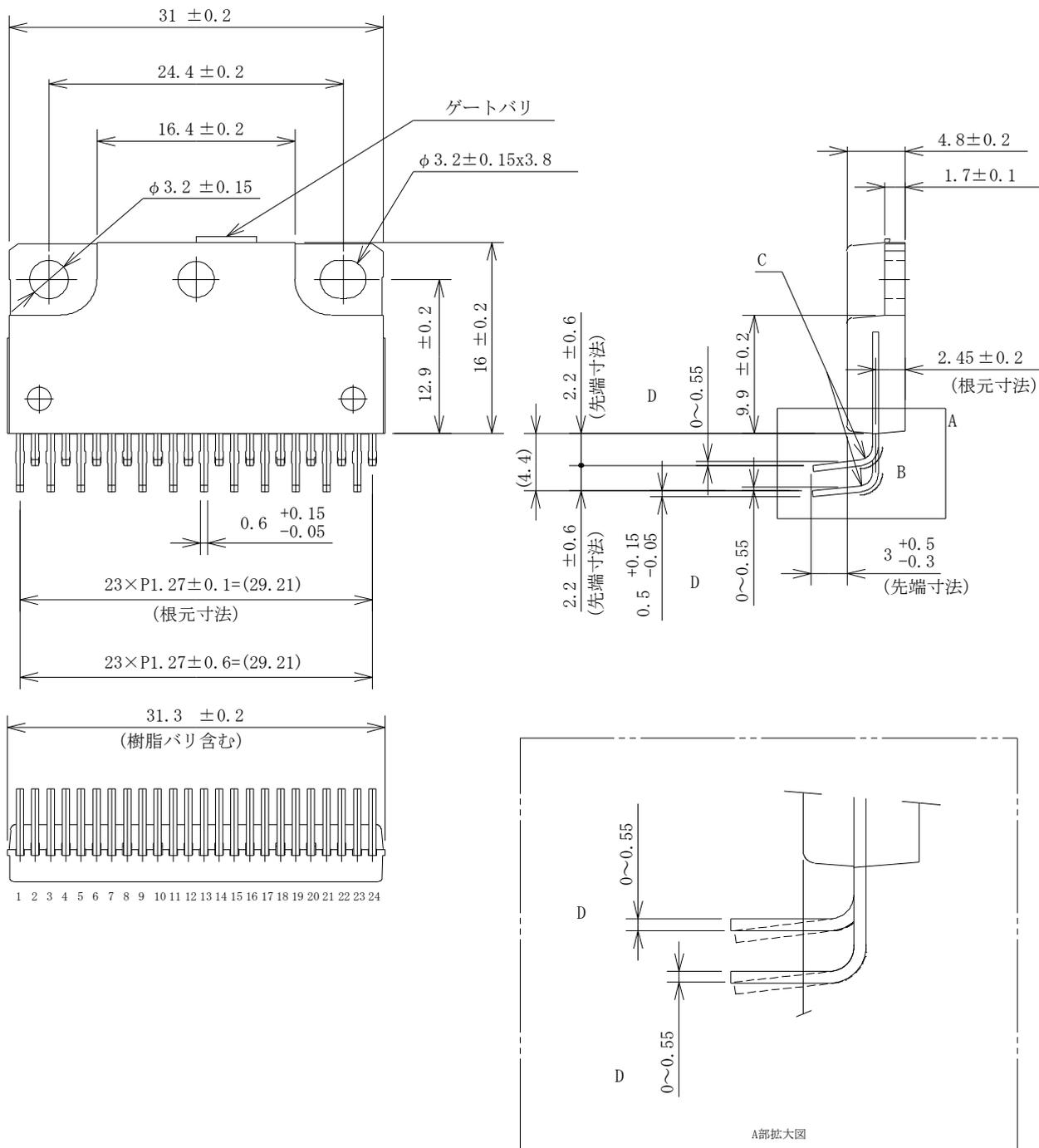


端子番号	端子名	機能
1	VB1	U相ハイサイド・フローティング電源入力
2	VB2	V相ハイサイド・フローティング電源入力
3	VB3	W相ハイサイド・フローティング電源入力
4	VCC1	ハイサイド制御回路電源入力
5	SD1	ハイサイドシャットダウン信号入力、UVLO_VCC1 動作時エラー出力
6	COM1	ハイサイド制御グランド
7	HIN3	W相ハイサイド制御信号入力
8	HIN2	V相ハイサイド制御信号入力
9	HIN1	U相ハイサイド制御信号入力
10	VBB	DC(+)電源入力
11	W1	W相出力 (W2 と外部ショート)
12	V	V相出力
13	W2	W相出力 (W1 と外部ショート)
14	LS2	W相ローサイドパワーMOSFET ソース (LS1 と外部ショート)
15	RC	過電流保護保持時間設定端子
16	LS1	U相、V相ローサイドパワーMOSFET ソース (LS2 と外部ショート)
17	OCL	過電流制限信号出力
18	LIN3	W相ローサイド制御信号入力
19	LIN2	V相ローサイド制御信号入力
20	LIN1	U相ローサイド制御信号入力
21	COM2	ローサイド制御グランド
22	SD2	ローサイドシャットダウン信号入力、UVLO_VCC2/OCP/TSD 動作時エラー出力
23	VCC2	ローサイド制御回路電源入力
24	U	U相出力

SLA68xxMH シリーズ

9. 外形図

9.1 ZIP24 (LF2175)

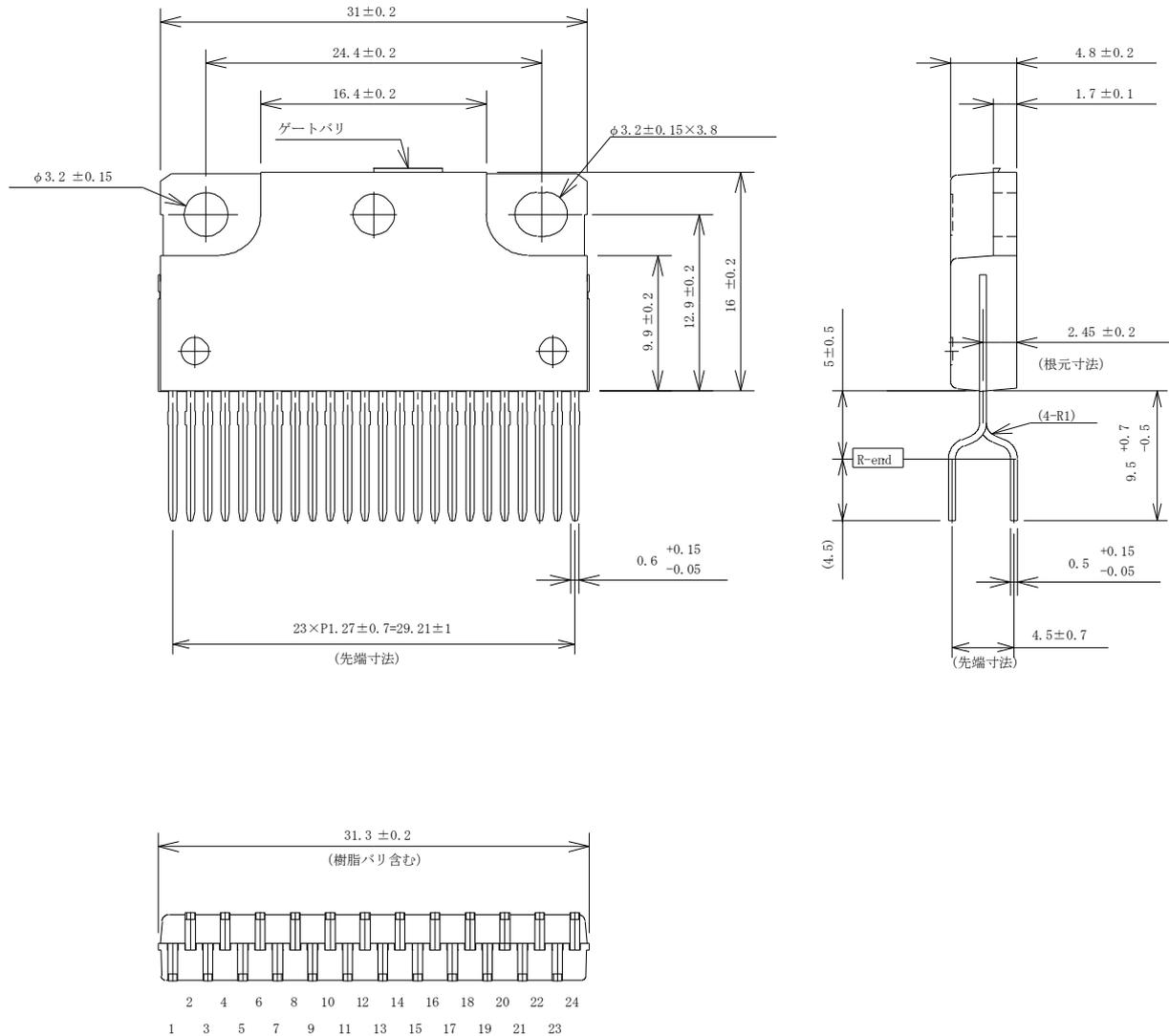


備考：

- 単位：mm
- 端子部 Pb フリー (RoHS 対応)
- ゲートバリ高さ：0.3 mm (max.)
- B 部の端子表面に赤目が発生する場合があります
- C 部端子内側 R0.65 (min.)
- D 部の寸法 (端子部の曲げ状態) は、実際と異なる場合があります

SLA68xxMH シリーズ

9.2 ZIP24 (LF2171)

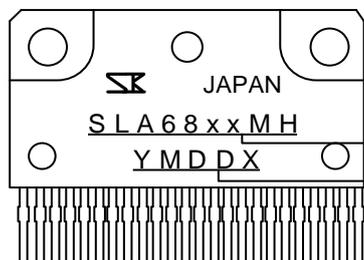


備考：

- 単位：mm
- 端子部 Pb フリー (RoHS 対応)
- ゲートバリ高さ：0.3 mm (max.)

10. 捺印仕様

10.1 ZIP24



製品名

ロット番号

Y = 西暦下一桁 (0~9)

M = 月 (1~9、O、N、D)

DD = 日 (01~31)

X = 管理番号

11. 機能説明

特記のない場合、本項では以下のように定義します。

- 特性数値は Typ. 値を表記します。
- 端子記号や部品記号の数字 (1~3 など) を“x”で表記している場合は、そのすべての端子や部品を指します。たとえば“VCCx 端子”は VCC1 端子、VCC2 端子を指します。
- COM1 端子と COM2 端子は短絡です。

11.1 起動、停止時の注意

電源の起動時は、本 IC の VCCx 端子電圧が制御動作開始電圧 $V_{CC(ON)}$ の最大値 12.5 V 以上になってから、VBB、HINx、LINx 端子への電圧印加を推奨します。

起動時は、ブートストラップ回路用コンデンサ C_{BOOTx} を十分に充電してください (11.2.2 項参照)。また電源の停止時は、IC への制御信号をすべて“L”にしてから、本 IC の VCCx 端子電圧を下げてください。

11.2 各端子の設定

11.2.1 U、V、W1、W2 端子

U、V、W1、W2 端子は U 相、V 相、W 相の出力端子で、モータに接続します。W1 端子と W2 端子は、基板上で必ず接続してください。また、U、V、W1 端子は、それぞれ VB1、VB2、VB3 に対する基準端子です。U、V、W1 端子には、ブートストラップコンデンサ C_{BOOTx} のマイナス側を接続します。出力端子 (U、V、W1、W2) には高圧が印加されるため、基板レイアウトで低圧ラインと十分に距離を確保したり、端子にコーティング剤を塗布したりするなど、絶縁対策が必要です。

11.2.2 VBB 端子

VBB 端子は、DC(+)電源入力端子です。全相のハイサイドのパワー MOSFET ドレインに接続されています。VBB 端子と COMx 間に印加する電圧は、主電源電圧 V_{DC} (2 項 推奨動作条件参照) を満たすように設定します。

VBB 端子には、サージ電圧を抑えるためコンデンサ C_s (0.01 μF ~0.1 μF) を接続します。 C_s は平滑用電解コンデンサ C_{DC} と VBB 端子のできるだけ近くに配置し、VBB 端子に最短で接続します。

11.2.3 LS1、LS2 端子

LS1 端子には U 相と V 相、LS2 端子には W 相のパワー MOSFET のソースが接続されています。

LS1 端子と LS2 端子は基板上で必ず接続し、電流検出用のシャント抵抗 R_s を接続します。 R_s は IC のできるだけ近くに配置し、LSx 端子と COMx 端子に最短で接続します。配線のインダクタンス成分は誤動作の要因になるため、インダクタンス成分が極力小さくなるようにパターンを設計します。この配線が長い場合は、誤動作を防止するため LSx 端子と COMx 端子間に高速整流ダイオード D_{RS} を接続します。

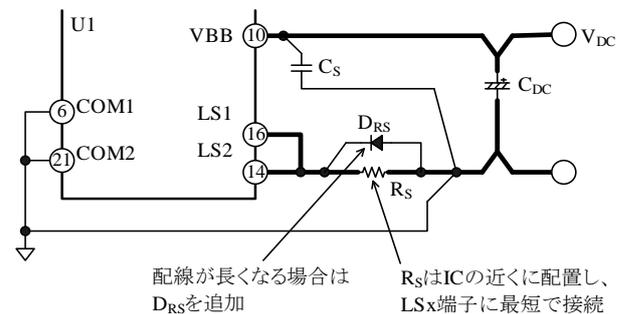


図 11-1 LSx 端子周りの配線

11.2.4 VB1、VB2、VB3 端子

VB1、VB2、VB3 端子はハイサイド・フローティング電源のブートストラップコンデンサ接続用端子です。

各相の VBx 端子と出力端子間に印加する電圧は、推奨制御電源電圧 V_{BS} (2 項 推奨動作条件参照) を満たすようにします。

ブートストラップ回路用コンデンサ C_{BOOTx} を VB1 端子と U 端子、VB2 端子と V 端子、VB3 端子と W1 端子の間にそれぞれ接続します。

起動時は、ローサイドの出力素子をオンして C_{BOOTx} を十分に充電します。

C_{BOOTx} の値は、式(1)と式(2)を満たす値から選定します。このとき、静電容量の許容誤差や DC バイアス特性を十分に考慮する必要があります。

$$C_{BOOTx}(\mu\text{F}) > 800 \times t_{L(OFF)} \quad (1)$$

$$1 \mu\text{F} \leq C_{BOOTx} \leq 220 \mu\text{F} \quad (2)$$

ここで、

$t_{L(OFF)}$: ローサイド出力素子の最長オフ時間(s)
(C_{BOOTx} を充電しない時間)

ハイサイドのスイッチング動作が停止している

ときも、 C_{BOOTx} の電圧は IC の電力消費で低下します。 VBx 端子の電圧が制御動作停止電圧 $V_{BS(OFF)}$ 以下に低下すると、ハイサイドの電源電圧低下保護回路 (UVLO_VB) が動作します(11.3.3.1 項参照)。最終的に実働動作で、起動時などの低周波数動作時でも VBx 端子電圧が $V_{BS(OFF)}$ の最大値 11.0 V より高い電圧を維持しているか確認が必要です。

図 11-2 のように本 IC は、 $VCC1$ 端子と VBx 端子の間にブートストラップダイオード D_{BOOTx} と突入電流制限用抵抗 R_{BOOTx} を直列に内蔵しています。 C_{BOOTx} 充電時の時定数 τ は式(3)で算出できます。

$$\tau = C_{BOOTx} \times R_{BOOTx} \quad (3)$$

ここで、

C_{BOOTx} : 調整した C_{BOOTx} の値

R_{BOOTx} : $210 \Omega \pm 20\%$

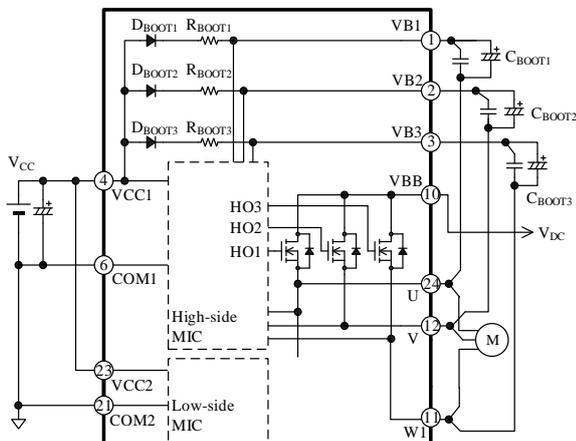


図 11-2 ブートストラップ回路

図 11-3 に IC 内部のレベルシフト部の回路を示します。ハイサイドの出力信号 HOx は $HINx$ 端子の入力信号に応じて生成されます。 $HINx$ 端子の信号のアップエッジからセット信号、ダウンエッジからリセット信号が生成され、それぞれレベルシフト回路でハイサイドに伝達されます。それぞれの信号が RS フリップフロップ回路に入力され、Q (HOx) が出力されます。

図 11-4 のようにノイズなどの影響で VBx 端子と出力端子 (U、V、W1) 間 (以下、 VBx - HSx 間とする) の電圧が急変し、セット信号伝達後に、リセット信号だけがハイサイドに伝達されない場合、ハイサイドの出力素子はオン固定になります。次の $LINx$ 信号でローサイドの出力素子がオンすると同時オン状態となり、IC が破壊する可能性があります。そこで、 VBx 端子がノイズの影響を受けないように、 C_{BOOTx} は必ず IC の近くに配置し、できるだけ短いパターンで VBx - HSx 間に接続します。

電解コンデンサを使用する場合は、バイパスコンデンサ C_{Px} ($0.01 \mu F \sim 0.1 \mu F$) を並列に挿入し、各端子にできるだけ短いパターンで接続します。

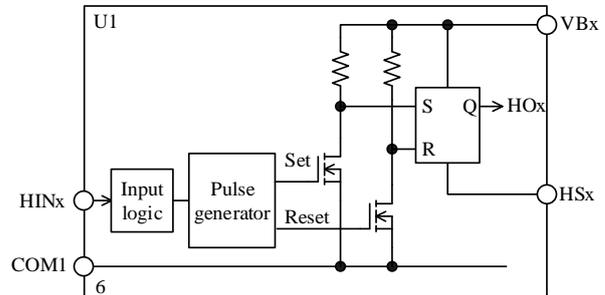


図 11-3 レベルシフト部回路図

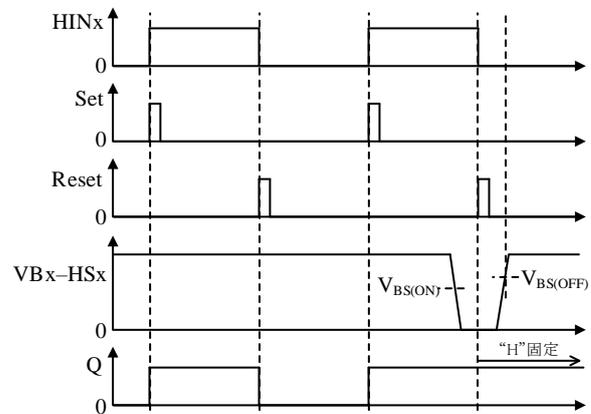


図 11-4 VBx 端子と出力端子間の電圧低下による誤動作波形

11.2.5 VCC1、VCC2 端子

$VCC1$ 、 $VCC2$ 端子は IC の制御回路電源入力端子です。 $VCC1$ 、 $VCC2$ 端子は IC 内部では接続していないので、基板のパターンで接続します。電源リップルなどによる誤動作を防止するため、各端子にできるだけ短いパターンでコンデンサ C_{VCC} ($0.01 \mu F \sim 0.1 \mu F$) を接続します。また、サージ電圧による破壊を防止するため $VCCx$ 端子と $COMx$ 端子間にツェナーダイオード DZ ($18 V \sim 20 V$) を接続します。

$VCCx$ 端子と $COMx$ 端子間に印加する電圧は、推奨制御電源電圧 V_{CC} (2 項 推奨動作条件参照) を満たすように設定します。

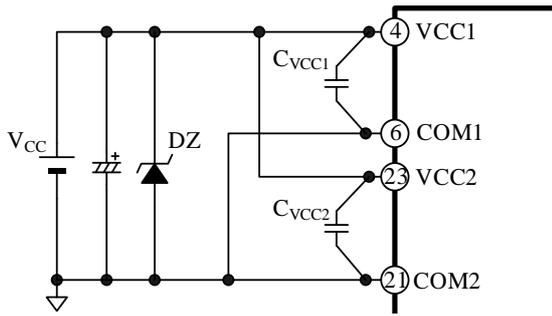


図 11-5 VCCx 端子周辺回路

11.2.6 COM1、COM2 端子

COM1、COM2 端子は、IC の制御グランド端子です。COM1、COM2 端子は IC 内部では接続していないので、基板のパターンで接続します。制御グランドの電位が変動すると IC の誤動作の原因となるため、制御グランドの配線はパワーグランドと分けて、シャント抵抗 R_s のできるだけ近くに 1 点で、かつできるだけ短く接続します（図 11-6 参照）。

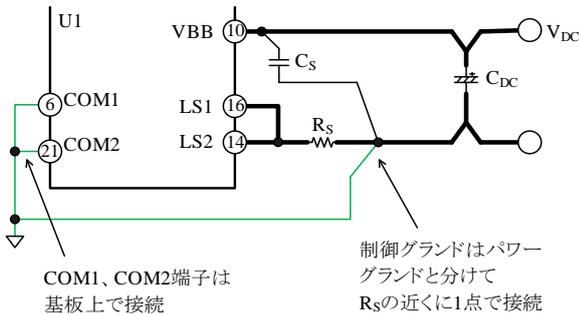


図 11-6 制御グランドの配線

11.2.7 HIN1、HIN2、HIN3 端子 LIN1、LIN2、LIN3 端子

モータ制御用の各相入力端子です。HIN_x 端子はハイサイドの制御信号入力、LIN_x 端子はローサイドの制御信号入力です。HIN_x 端子と LIN_x 端子は、図 11-7 に示すように 20 kΩ のプルダウン抵抗を内蔵し、CMOS シュミットトリガ回路で構成しています。入力論理はアクティブハイです。

各相の HIN_x 端子と COM_x 端子間、LIN_x 端子と COM_x 端子間に印加する信号は表 11-1 の範囲に設定します。本 IC にはデッドタイム生成回路はありません。HIN_x と LIN_x の入力信号は、必ずデッドタイムの設定が必要です。

周波数が高くなるとスイッチング損失が増加するため、動作時のケース温度およびジャンクシ

ョン温度が、1 項 絶対最大定格の値に対し十分に余裕のある値になるよう、周波数を設定する必要があります。

表 11-1 HIN_x、LIN_x 端子入力信号

項目	“H”レベル信号	“L”レベル信号
入力電圧	$3\text{ V} < V_{\text{IN}} < 5.5\text{ V}$	$0\text{ V} < V_{\text{IN}} < 0.5\text{ V}$
入力パルス幅	$\geq 0.5\ \mu\text{s}$	$\geq 0.5\ \mu\text{s}$
キャリア周波数	$\leq 20\text{ kHz}$	
デッドタイム	$\geq 1.5\ \mu\text{s}$	

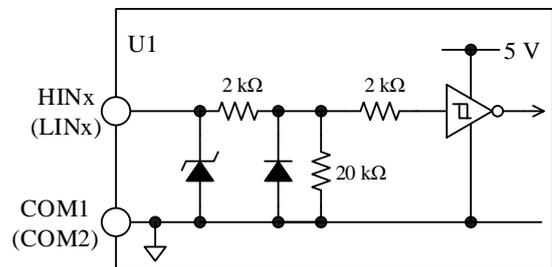


図 11-7 HIN_x 端子、LIN_x 端子の内部回路図

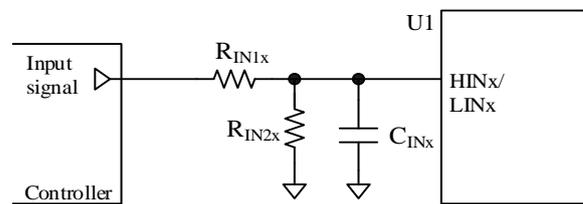


図 11-8 HIN_x 端子、LIN_x 端子のフィルタ回路

マイコンからの入力信号が不定になると、IC が誤動作する可能性があるため、マイコンの出力はハイインピーダンスにならないように設定してください。また、マイコンから HIN_x、LIN_x 端子までの配線が長くノイズの影響を受けやすい場合は、図 11-8 のように入力フィルタやプルダウン抵抗を HIN_x、LIN_x 端子の近くに追加します。

フィルタの定数の目安は以下のとおりです。

$R_{\text{IN}1x}$: 33 Ω ~ 100 Ω

$R_{\text{IN}2x}$: 1 kΩ ~ 10 kΩ

$C_{\text{IN}x}$: 100 pF ~ 1000 pF

$R_{\text{IN}1x}$ 、 $R_{\text{IN}2x}$ を接続すると、HIN_x、LIN_x 端子の入力電圧がマイコンの出力電圧より少し低くなるため注意が必要です。

11.2.8 OCL 端子

OCL 端子は過電流制限機能 (OCL) 動作時に“L”になります。OCL 端子を SD1 端子か SD2 端子に接続すると、OCL が動作したときに、ハイサイドまたはローサイドの出力素子をターンオフできます。

図 11-9 に OCL 端子の周辺回路と内部回路を示します。OCL 端子はオープンコレクタになっているため、プルアップ抵抗 R_{CL} で 3.0 V~5.5 V の外部電源に接続します。OCL 端子を SDx 端子に接続する場合、 R_{CL} は、1 k Ω ~10 k Ω を推奨します。また、ノイズ除去用コンデンサ C_{CL} は、IC のできるだけ近くに配置し、OCL 端子と COM2 端子の間に最短で接続します。 C_{CL} の容量は 0.001 μ F~0.01 μ F の範囲で設定します。OCL 端子を使用しない場合は、オープンにします。

過電流制限機能 (OCL) の詳細は、11.3.4 項を参照してください。

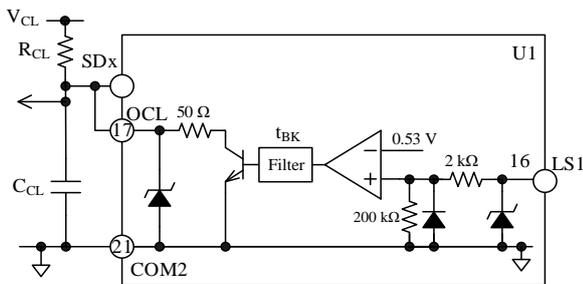


図 11-9 OCL 端子の周辺回路と内部回路

11.2.9 RC 端子

図 11-10 に RC 端子の周辺回路と内部回路を示します。

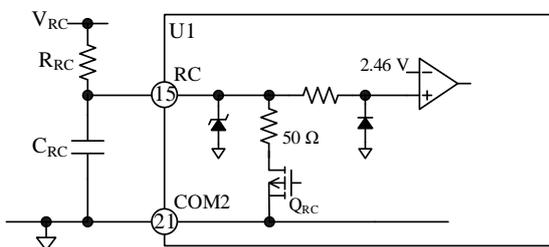


図 11-10 RC 端子の周辺回路と内部回路

RC 端子には、過電流保護機能 (OCP) が動作してから OCP を解除するまでの時間 (過電流保護動作保持時間 t_p) を設定するための、プルアップ抵抗 R_{RC} とコンデンサ C_{RC} を接続します。RC 端子はオープンドレインになっているため、プルアップ

抵抗 R_{RC} で 3.0 V~5.5 V の外部電源に接続します。

R_{RC} は 33 k Ω ~680 k Ω 、 C_{RC} は 1000 pF~0.0047 μ F の範囲で設定します。

R_{RC} をオープンにすると OCP が解除されず、 R_{RC} をショートにすると OCP が動作しません。また、 C_{RC} をオープンにすると t_p が短くなり、OCP がすぐに解除されるため注意が必要です。

図 11-11 に OCP 動作時の RC 端子波形を示します。OCP が動作すると、ローサイドの出力素子がターンオフし、SD2 端子が“L”になります (OCP の詳細は 11.3.5 項参照)。これと同時に RC 端子内部の Q_{RC} がターンオンし、RC 端子は“L”になります。 Q_{RC} がターンオンしてから約 5 μ s 後に Q_{RC} がターンオフします。その後、RC 端子の電圧は、 R_{RC} と C_{RC} の容量で決まる時定数で上昇し、RC 端子電圧が 2.46 V になると、OCP を解除します。

OCP が動作してから OCP を解除するまでの時間 (過電流保護動作保持時間 t_p) は、外部電源電圧 V_{RC} に依存し、次式で概略計算できます。

- 外部電源電圧 $V_{RC} = 3.3$ V の場合

$$t_p = 1.35 \times R_{RC} \times C_{RC} \quad (4)$$

- 外部電源電圧 $V_{RC} = 5$ V の場合

$$t_{RC} = 0.65 \times R_{RC} \times C_{RC} \quad (5)$$

例として、 $V_{RC} = 5$ V、 $R_{RC} = 330$ k Ω 、 $C_{RC} = 0.0047$ μ F の場合、 t_{RC} は 1 ms になります。

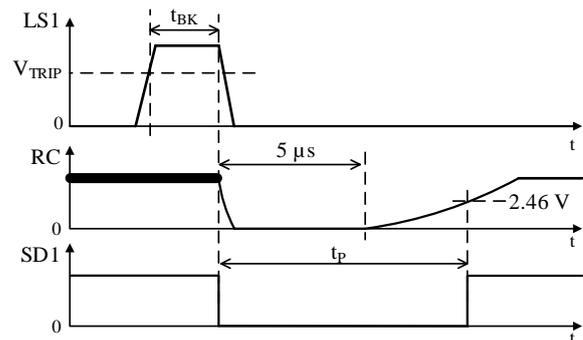


図 11-11 OCP 動作時 RC 端子波形

11.2.10 SD1 端子、SD2 端子

SD1 端子と SD2 端子は、エラー出力および、シャットダウン信号の入力端子です。エラー出力機能の詳細は 11.3.1 項、シャットダウン機能の詳細は 11.3.2 項を参照してください。

図 11-12 に SDx 端子の周辺回路と内部回路を示

します。SDx 端子の内部には 3.3 μs (typ.)のフィルタがあり、これ以下の幅のパルスには応答しません。SDx 端子はオープンコレクタになっているため、プルアップ抵抗 R_{SDx} で 3.0 V~5.5 V の外部電源に接続します。R_{SDx} は、3.3 kΩ~10 kΩ を推奨します。また、ノイズ除去用コンデンサ C_{SDx} は、IC のできるだけ近くに配置し、SDx 端子と COMx 端子の間に最短で接続します。C_{SDx} の容量は 0.001μF~0.01 μF の範囲で設定します。

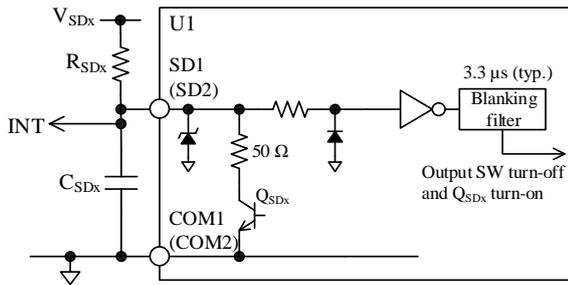


図 11-12 SDx 端子の周辺回路と内部回路

11.3 保護機能

本 IC は VBx 端子、VCC1 端子、VCC2 端子の電源電圧低下保護機能 (UVLO : Undervoltage Lockout)、過電流保護機能 (OCP : Overcurrent Protection)、サーマルシャットダウン機能 (TSD : Thermal Shutdown) を搭載しています。保護機能が動作すると、SD1 端子または SD2 端子が“L”になります。これらの信号を使用して、マイコンからすべての出力素子をターンオフするなどの処理ができます。また、マイコンからシャットダウン信号を SDx 端子に入力することもできます。

以降の説明で使用する HOx はハイサイド出力素子のゲート入力、LOx はローサイド出力素子のゲート入力です。VBx- HS_x は VBx 端子と出力端子間 (U、V、W1) の電圧です。

11.3.1 エラー出力

定常動作時の SDx 端子は“H”状態で、エラー出力時は“L”になります。

- SD1 端子

SD1 端子は、VCC1 端子電源電圧低下保護機能 (UVLO_VCC1) 動作時に“L”になります。

- SD2 端子

SD2 端子は、VCC2 端子電源電圧低下保護機能 (UVLO_VCC2)、過電流保護機能 (OCP)、サーマルシャットダウン (TSD) 動作時に“L”になります。SD2 端子が“L”の期間は、すべてのローサ

イド出力素子がオフになります。SD2 端子のエラー信号をマイコンの割り込みポート (INT) に入力し、過電流保護保持時間 (t_p) 以内に IC への入力信号を停止するなどの処理をします。t_p は RC 端子に接続する抵抗とコンデンサの値で決まります (11.3.5 項参照)。

11.3.2 シャットダウン信号入力

SDx 端子には、シャットダウン信号を入力できます。SD1 端子を“L”にすると、ハイサイドの出力素子をすべてオフします。SD2 端子を“L”にすると、ローサイドの出力素子をすべてオフします。

入力するシャットダウン信号の電圧とパルス幅は、表 11-2 の範囲に設定します。

表 11-2 シャットダウン信号

項目	“H”レベル信号	“L”レベル信号
入力電圧	3 V < V _{IN} < 5.5 V	0 V < V _{IN} < 0.5 V
入力パルス幅	—	≥ 6 μs

SD1 端子か SD2 端子を OCL 端子に接続すると、過電流制限機能 (11.3.4 項参照) が動作したときに、ハイサイドまたはローサイドの出力素子をターンオフできます。

11.3.3 電源電圧低下保護機能 (UVLO)

出力素子のゲート駆動電圧が低下すると、出力素子の定常損失が増加して熱破壊する場合があります。これを防止するために、電源電圧低下保護機能 (UVLO) を搭載しています。UVLO は VBx 端子、VCC1 端子、VCC2 端子に搭載しています。

11.3.3.1. VBx 端子 (UVLO_VB)

図 11-13 に VBx 端子の電源電圧低下保護機能 (UVLO_VB) 動作時の波形を示します。

VBx- HS_x 間電圧が制御動作停止電圧 V_{BS(OFF)} = 10.0 V 以下になると UVLO_VB が動作し、HOx を“L”にします。VBx- HS_x 間電圧が上昇し、制御動作開始電圧 V_{BS(ON)} = 10.5 V 以上になると、UVLO_VB を解除し最初の入力パルス (アップエッジ) を検出して HOx を“H”にします。UVLO_VB 動作期間は、エラー信号が SDx 端子から出力されません。ノイズなどによる誤動作を防止するため、VBx 端子にはフィルタ回路を搭載しています。

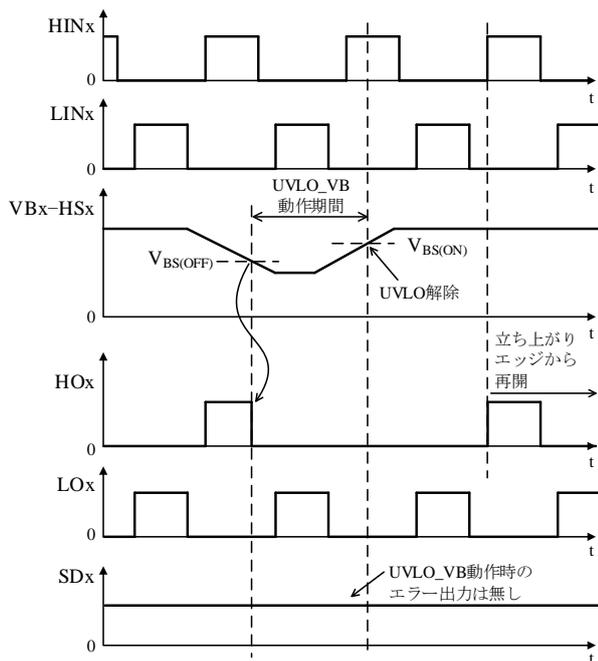


図 11-13 UVLO_VB 動作波形

端子にはフィルタ回路を搭載しています。

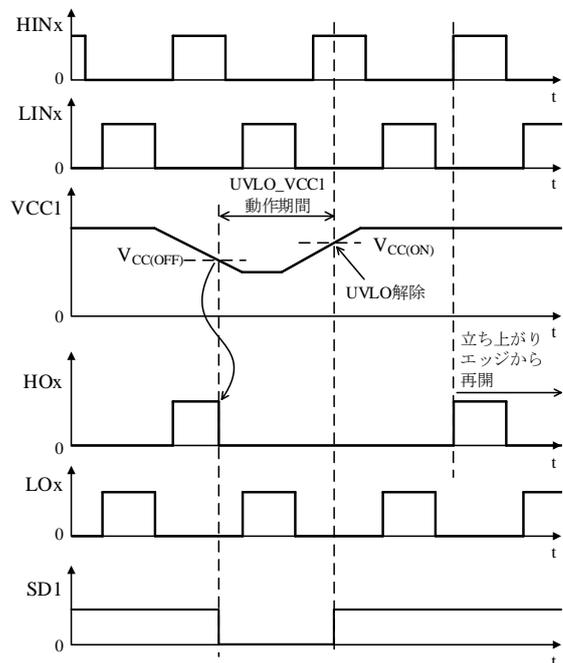


図 11-14 UVLO_VCC1 動作波形

11.3.3.2. VCC1 端子 (UVLO_VCC1)

図 11-14 に VCC1 端子の電源電圧低下保護機能 (UVLO_VCC1) 動作時の波形を示します。

VCC1 端子の電圧が制御動作停止電圧 $V_{CC(OFF)} = 11.0\text{ V}$ 以下になると UVLO_VCC1 が動作し、HOx を“L”にします。VCC1 端子の電圧が上昇し、制御動作開始電圧 $V_{CC(ON)} = 11.5\text{ V}$ 以上になると、UVLO_VCC1 を解除し最初の入力パルス (アップエッジ) を検出して HOx を“H”にします。UVLO_VCC1 動作期間は SD1 端子出力が“L”になり、エラー信号を出力します。

ノイズなどによる誤動作を防止するため、VCC1 端子にはフィルタ回路を搭載しています。

11.3.3.3. VCC2 端子 (UVLO_VCC2)

図 11-15 に VCC2 端子の電源電圧低下保護機能 (UVLO_VCC2) 動作時の波形を示します。

VCC2 端子の電圧が制御動作停止電圧 $V_{CC(OFF)} = 11.0\text{ V}$ 以下になると UVLO_VCC2 が動作し、LOx を“L”にします。VCC2 端子の電圧が上昇し、制御動作開始電圧 $V_{CC(ON)} = 11.5\text{ V}$ 以上になると、UVLO_VCC2 を解除します。UVLO_VCC2 が解除されると、LOx は LINx の入力信号に従って出力されます。UVLO_VCC2 動作期間は SD2 端子出力が“L”になり、エラー信号を出力します。

ノイズなどによる誤動作を防止するため、VCC2

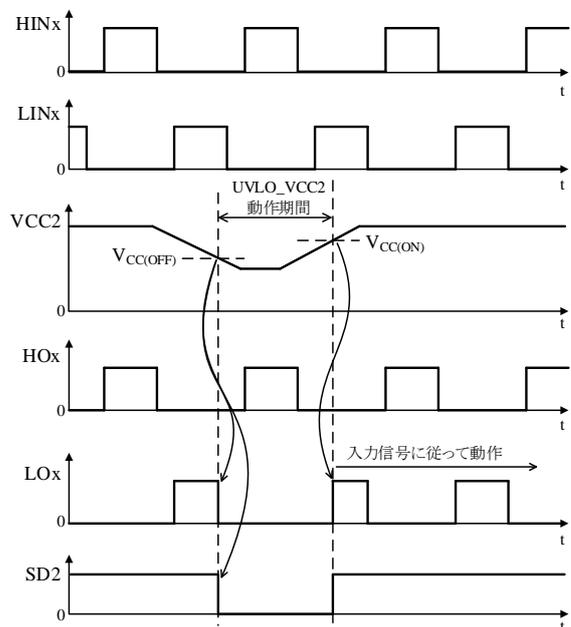


図 11-15 UVLO_VCC2 動作波形

11.3.4 過電流制限機能 (OCL)

過電流制限機能 (OCL : Overcurrent Limit) は、低い過電流レベルの保護機能です。LS1 端子の電

圧が、電流リミッタ基準電圧 $V_{LIM} = 0.53 \text{ V}$ 以上の状態を、過電流保護ブランキング時間 $t_{BK} = 2.0 \text{ }\mu\text{s}$ 以上継続すると、OCL が動作し、OCL 端子の出力が“H”から“L”になります。その後、LS1 端子電圧が、 $V_{LIM} = 0.53 \text{ V}$ 未満になると、OCL 端子の出力は“H”になります。

図 11-16 に、OCL 端子を基板上で SD1 端子に接続した場合の OCL 動作波形を示します。OCL 端子を SD1 端子に接続すると、ハイサイドの出力素子をオフにできます。このとき、ローサイド出力素子のゲート出力は LINx 端子の信号に従います。なお、SD1 端子の内部には $3.3 \text{ }\mu\text{s}$ (typ.) のフィルタが入っています。ハイサイドの出力素子は、SD1 端子と OCL 端子が“H”になった後も、HINx 端子の信号が“L”から“H”になるまでオフを継続します (エッジ動作)。

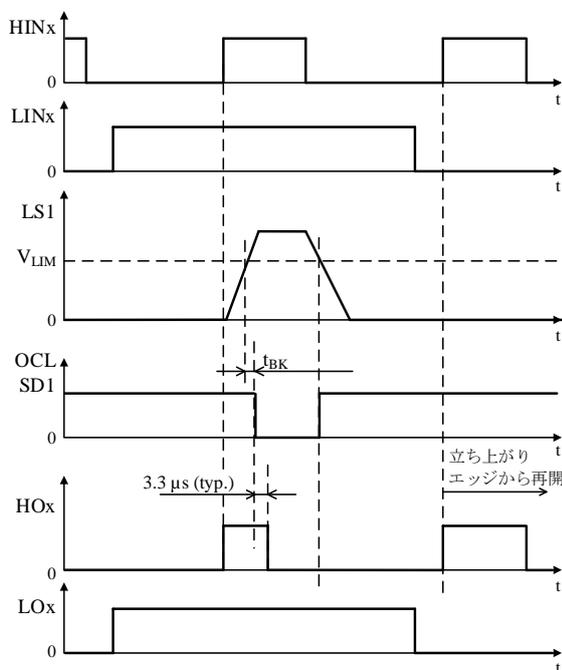


図 11-16 OCL 動作波形 (OCL 端子を SD1 端子に接続した場合)

11.3.5 過電流保護機能 (OCP)

過電流保護機能 (OCP : Overcurrent Protection) は、急峻な過大電流に対する保護です。

図 11-17 に LS1 端子の周辺回路と内部回路を示します。LS1 端子には、シャント抵抗 R_s を接続します。 R_s に電流が流れると、電流に比例して LS1 端子電圧が上昇します。LS1 端子の電圧を IC の内部回路で監視し、過電流を検出します。

図 11-18 に OCP の動作波形を示します。過大電流が流れて LS1 端子の電圧が過電流保護動作電圧

$V_{TRIP} = 1.0 \text{ V}$ 以上になり、その状態をブランキング時間 $t_{BK} = 2.0 \text{ }\mu\text{s}$ 以上継続すると、OCP が動作します。OCP が動作すると、IC は LOx を“L”、SD2 端子を“L”にします。

LOx を“L”にすると R_s に流れる電流は低下します。LS1 端子電圧が V_{TRIP} 未満に低下しても、IC は SD2 端子の出力を一定時間 (過電流保護保持時間 t_p) “L”に保持します。その後、入力信号に従って動作します。 t_p は RC 端子で設定します。設定方法は、11.2.9 項を参照してください。

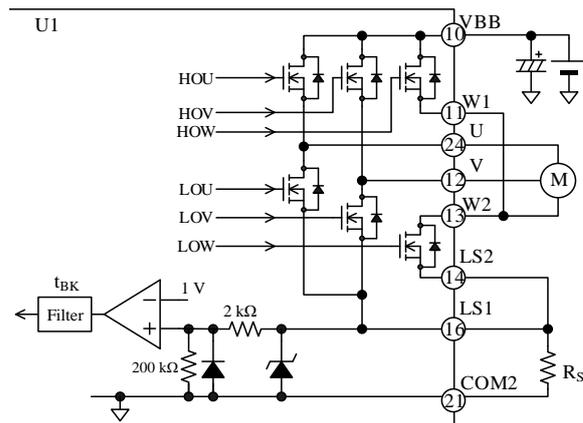


図 11-17 LS1 端子の周辺回路と内部回路図

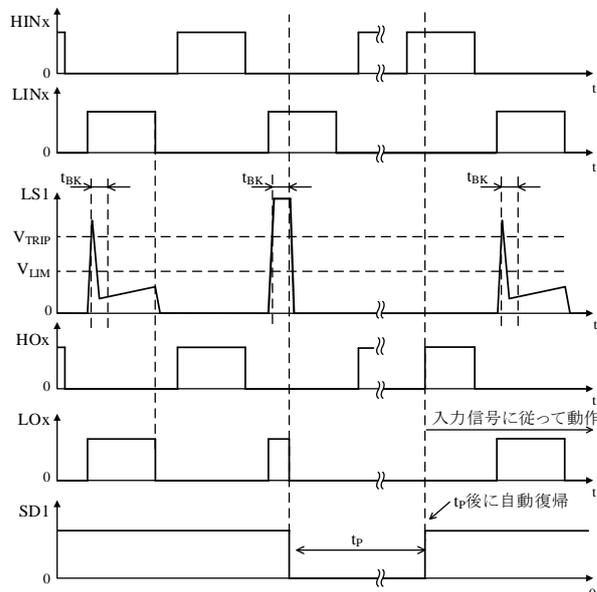


図 11-18 OCP 動作波形

過電流保護機能の目的は、出力素子の短絡などの異常状態の検出です。短絡モードを繰り返すと出力素子が破壊する可能性があるため、SD2 端子のエラー信号はマイコンの割り込みポート (INT)

に入力し、 t_p 以内に IC への入力信号を停止するなどの処理をします。

シャント抵抗 R_s は、以下の条件を満たすように設定します。

- シャント抵抗推奨値 R_s を満たす値 (2 項参照)
- 出力素子に流れる電流が絶対最大定格の出力電流 (パルス) I_{OP} 未満 (1 項参照)

R_s は高周波スイッチング電流が流れるので、内部インダクタンスが小さく、かつ許容損失を満足するものを使用します。

U 端子、V 端子、W1/W2 端子やその配線が、グランドと短絡 (地絡) すると、IC は過電流を検出できません。地絡モードになると出力素子が破壊する可能性があるため、注意が必要です。

11.3.6 サーマルシャットダウン (TSD)

本 IC はサーマルシャットダウン (TSD : Thermal Shutdown) を搭載しており、図 11-19 のように、過負荷による消費電力の増加や IC 周囲温度の上昇などで IC が過熱状態になると、LOx を“L”、SD2 端子を“L”にします。

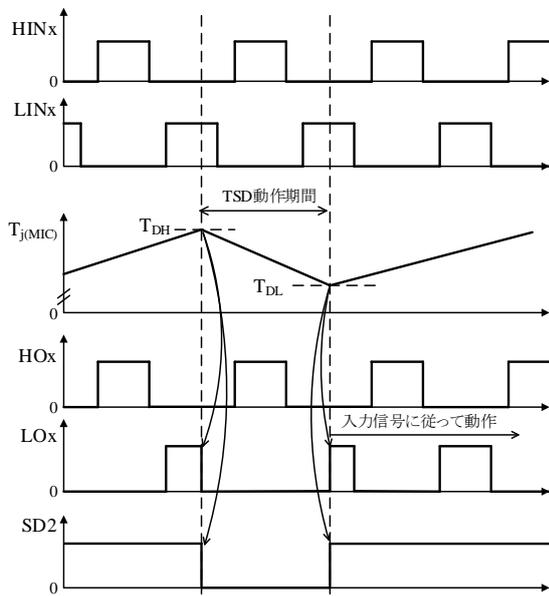


図 11-19 TSD 動作波形

温度は制御 IC 内の TSD 回路で検出しています (6 項ブロックダイアグラム参照)。制御部の温度がサーマルシャットダウン動作温度 $T_{DH} = 135\text{ }^{\circ}\text{C}$ (typ.) を超えると TSD が動作します。その後、制御部の温度がサーマルシャットダウン動作解除温度 $T_{DL} = 105\text{ }^{\circ}\text{C}$ (typ.) 以下になると TSD

を解除します。TSD 解除後は入力信号に従って動作します。

出力素子のジャンクション温度と検出温度は一致しないため、出力素子の過熱破壊防止用として TSD 機能を使用しないでください。

12. 設計上の注意点

12.1 パターンレイアウト

図 12-1 のようにモータドライバは、高周波かつ高電圧の電流経路が存在し、基板のパターンや部品の実装条件が、動作、ノイズ、損失などに大きく影響します。

そのため、高周波電流ループは極力小さく、パターンを太くして、ラインインピーダンスを低くする必要があります。また、グランドラインは輻射ノイズに大きな影響を与えるため、極力太く、短く配線します。

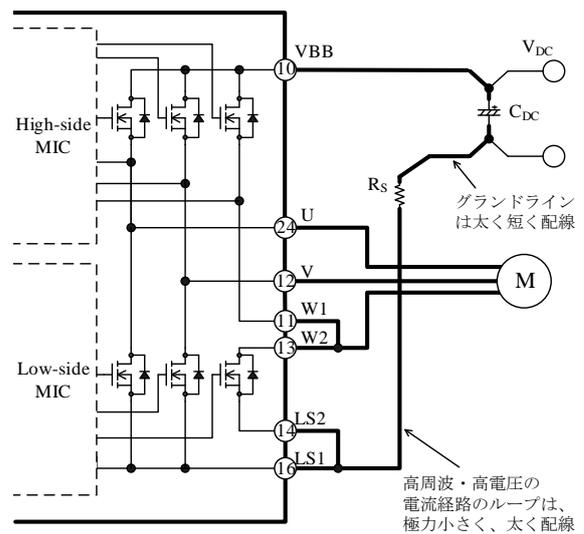


図 12-1 高周波かつ高電圧の電流経路

12.2 放熱器を取り付ける際の注意

放熱器を取り付ける際には以下の注意が必要です。

- M2.5 ネジの使用を推奨します。トルクドライバを使用し、締付けトルクの最大値の 30%を目安に 2 か所のネジを仮締めしてから、4 項 機械的特性の締付けトルクの範囲で固定してください。
- 放熱器を取り付ける場合はシリコングリースの使用を推奨します。放熱シート、絶縁シートは締付け時にしわが発生し、パッケージが割れる原因になるため、これらを使用する際には、十分な検討が必要です。
- シリコングリースを塗布する際は、放熱器と IC の間に異物がないことを確認してください。また、製品の端子に極力付着しないように注意が必要です。

12.3 IC の特性を測定する際の注意

IC 単体で内部の出力素子の耐圧やリーク電流を測定する場合、各出力素子のゲートとソースは同電位である必要があります。また、各出力素子は、以下のように接続されているため、注意が必要です。

- すべてのハイサイド出力素子のドレインは IC 内部で VBB 端子に接続
- U 相のハイサイド出力素子のソースとローサイド出力素子のドレインは、IC 内部で U 端子に接続
(W 相のハイサイドとローサイドの出力素子は、IC 内部で接続されていません。)

また、ハイサイド出力素子のゲートは出力端子 (U、V、W1)、ローサイド出力素子のゲートは COM2 端子にプルダウンされています。

耐圧やリーク電流を測定する際、出力端子や LSx 端子、COMx 端子を適切に処理しないと、出力素子を破壊する可能性があるため、注意が必要です。

例として、図 12-2 に U 相ハイサイド出力素子(Q_{1H})、図 12-3 に U 相ローサイド出力素子(Q_{1L})の耐圧測定回路を示します。記載のない端子はすべてオープンです。

ハイサイドの出力素子を測定する場合は、測定する端子以外はすべてオープンにします。ローサイドの出力素子を測定する場合は、測定する LSx 端子だけを COM2 端子に接続し、それ以外はオープンにします。

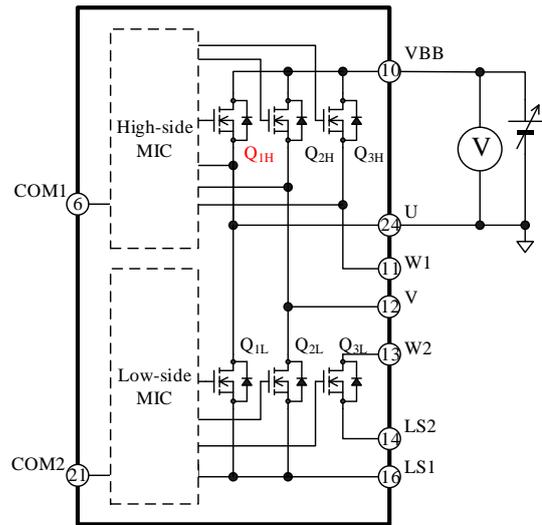


図 12-2 U 相ハイサイド出力素子(Q_{1H})耐圧測定回路

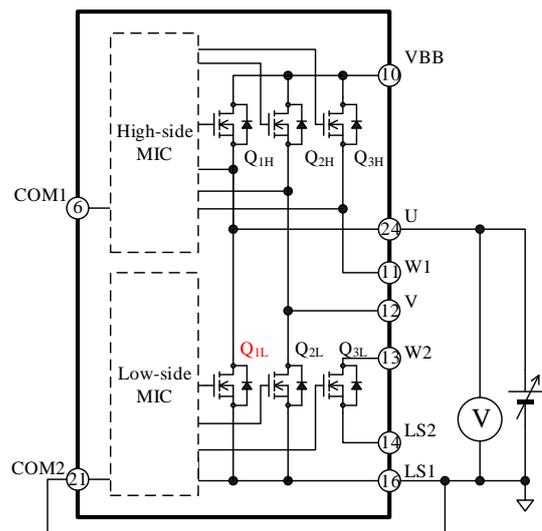


図 12-3 U 相ローサイド出力素子(Q_{1L})耐圧測定回路

13. 損失の計算とジャンクション温度の推定

正弦波駆動、3 相変調方式において、出力素子（パワー MOSFET 全素子）の損失とジャンクション温度の推定方法を以下に示します。なお、損失とジャンクション温度は、弊社 HP に掲載している計算ツールを用いて簡単に計算できます。

- DT0050 SLA687xMH、SLA686xMH 損失計算ツール

http://www.semicon.sanken-ele.co.jp/calculator/mosfet_caltool_jp.html

パワー MOSFET の損失は、定常損失 P_{RON} 、スイッチング損失 P_{SW} とボディダイオードの定常損失 P_{SD} の合計です。ここで P_{RR} は他の損失に対して割合が小さいため無視できるものとします。

損失 (P_{RON} 、 P_{SW} 、 P_{SD}) とジャンクション温度 (全素子動作時) は、以下の手順で算出します。

13.1 パワー MOSFET の定常損失 P_{RON}

パワー MOSFET の定常損失 P_{ON} は、14.3.1 項の $R_{DS(ON)} - I_D$ 特性より、図 13-1 のように I_D の使用範囲における近似直線 ($R_{DS(ON)} = \alpha \times I_D + \beta$) を算出します。

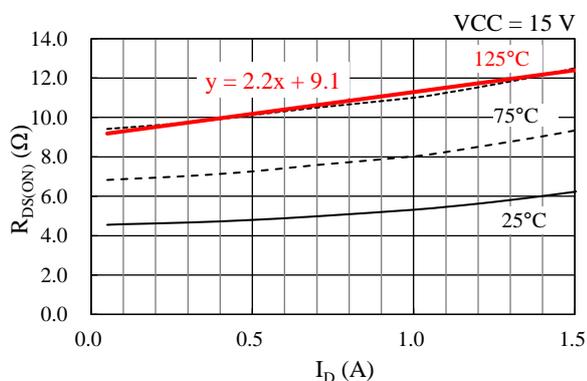


図 13-1 $R_{DS(ON)} - I_D$ 特性の 1 次近似式

パワー MOSFET の定常損失 P_{RON} は、この 1 次近似式の係数を用いて、次式で計算できます。

$$P_{RON} = \frac{1}{2\pi} \int_0^\pi I_D(\varphi)^2 \times R_{DS(ON)}(\varphi) \times DT \times d\varphi$$

$$= 2\sqrt{2}\alpha \left(\frac{1}{3\pi} + \frac{3}{32} M \times \cos\theta \right) I_M^3 + 2\beta \left(\frac{1}{8} + \frac{1}{3\pi} M \times \cos\theta \right) I_M^2 \quad (6)$$

ここで、

I_D : パワー MOSFET のドレイン電流 (A)

$R_{DS(ON)}$: パワー MOSFET のオン抵抗 (Ω)

DT : オンデューティ

$$DT = \frac{1 + M \times \sin(\varphi + \theta)}{2}$$

M : 変調率 (0~1)

$\cos\theta$: モータ力率 (0~1)

I_M : モータ電流実効値 (A)

α : $R_{DS(ON)} - I_D$ 特性の 1 次近似式の傾き

β : $R_{DS(ON)} - I_D$ 特性の 1 次近似式の切片

13.2 パワー MOSFET のスイッチング損失 P_{SW}

モータの実効電流が I_M のときの、パワー MOSFET のスイッチング損失 P_{SW} は、次式で算出できます。

$$P_{SW} = \frac{\sqrt{2}}{\pi} \times f_C \times \alpha_E \times I_M \times \frac{V_{DC}}{300} \quad (7)$$

ここで、

f_C : PWM キャリア周波数 (Hz)

V_{DC} : 主電源電圧 (V)

(VBB 端子入力電圧)

α_E : スwitching損失グラフの傾き (14.3.2 項スイッチング損失参照)

13.3 ボディーダイオードの定常損失 P_{SD}

パワーMOSFET のボディーダイオードの定常損失 P_{SD} は、14.3.1 項の V_{SD} の I_{SD} 特性より、図 13-2 のように I_{SD} の使用範囲における近似直線 (V_{SD} = α × I_{SD} + β) を算出します。

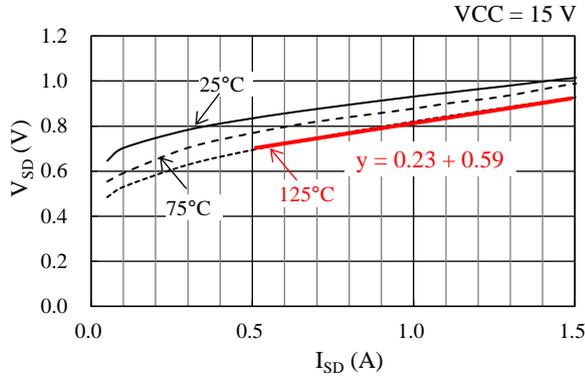


図 13-2 V_{SD}-I_{SD} 特性の 1 次近似式

パワーMOSFET のボディーダイオードの定常損失 P_{SD} は、この 1 次近似式の係数を用いて、次式で計算できます。

$$\begin{aligned}
 P_{SD} &= \frac{1}{2\pi} \int_0^\pi V_{SD}(\varphi) \times I_{SD}(\varphi) \times (1 - DT) \times d\varphi \\
 &= \frac{1}{2} \alpha \left(\frac{1}{2} - \frac{4}{3\pi} M \times \cos \theta \right) I_M^2 \\
 &\quad + \frac{\sqrt{2}}{\pi} \beta \left(\frac{1}{2} - \frac{\pi}{8} M \times \cos \theta \right) I_M \quad (8)
 \end{aligned}$$

ここで、

V_{SD} : ボディーダイオードの順電圧(V)

I_{SD} : ボディーダイオードの順電流(A)

DT : オンデューティ

$$DT = \frac{1 + M \times \sin(\varphi + \theta)}{2}$$

M : 変調率 (0~1)

cosθ : モータ力率 (0~1)

I_M : モータ電流実効値 (A)

α : V_{SD}-I_{SD} 特性の 1 次近似式の傾き

β : V_{SD}-I_{SD} 特性の 1 次近似式の切片

13.4 パワーMOSFET のジャンクション温度の推定

全素子動作時のパワーMOSFET のジャンクション温度 T_J は次式で推定できます。

$$T_J = R_{J-C} \times \{(P_{ON} + P_{SW} + P_{SD}) \times 6\} + T_C \quad (9)$$

R_{J-C} : 全素子動作時のパワーMOSFET 製品のジャンクション-ケース間熱抵抗

T_C : ケース温度 (°C) (測定位置は図 3-1 参照)

14. 代表特性

14.1 過渡熱抵抗

以下に、それぞれの定常熱抵抗を 1 とした場合の過渡熱抵抗（過渡熱抵抗比率）を示します。

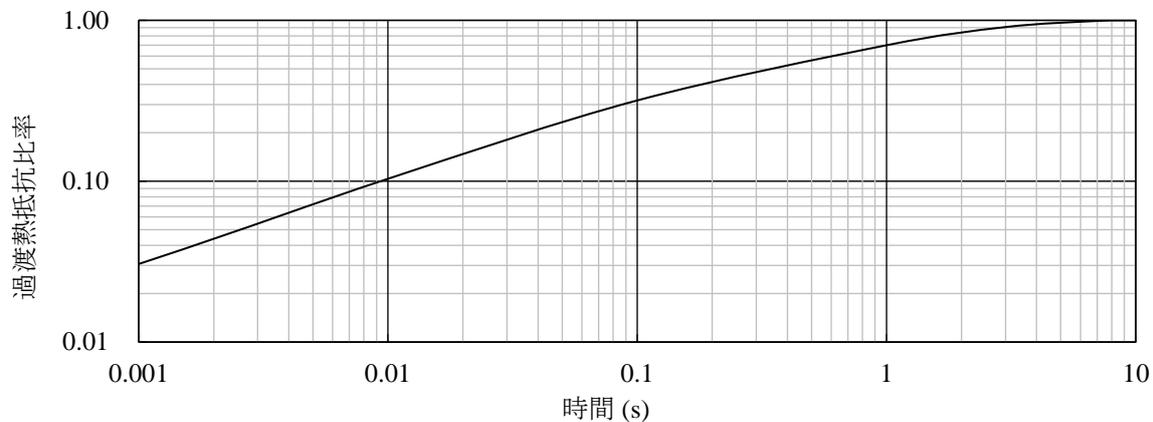


図 14-1 過渡熱抵抗比率

14.2 制御部代表特性

図 14-2～図 14-27 に制御部の各種依存性および温度特性を示します。T_Jは制御部のジャンクション温度です。

表 14-1 制御部代表特性一覧

図番号	表題
図 14-2	制御電源電流 I _{CC} 温度特性 (HIN _x = 0 V、LIN _x = 0 V)
図 14-3	制御電源電流 I _{CC} 温度特性 (HIN _x = 5 V、LIN _x = 5 V)
図 14-4	VCC _x 端子電圧 V _{CC} - 制御電源電流 I _{CC} 特性
図 14-5	制御電源電流 (1 相) I _{BS} 温度特性 (HIN _x = 0 V)
図 14-6	制御電源電流 (1 相) I _{BS} 温度特性 (HIN _x = 5 V)
図 14-7	VB _x 端子電圧 V _B - 制御電源電流 I _{BS} 特性 (HIN _x = 0 V)
図 14-8	制御動作開始電圧 V _{BS(ON)} 温度特性
図 14-9	制御動作停止電圧 V _{BS(OFF)} 温度特性
図 14-10	制御動作開始電圧 V _{CC(ON)} 温度特性
図 14-11	制御動作停止電圧 V _{CC(OFF)} 温度特性
図 14-12	UVLO_VB フィルタ時間温度特性
図 14-13	UVLO_VCC1 フィルタ時間温度特性
図 14-14	UVLO_VCC2 フィルタ時間温度特性
図 14-15	ハイレベル入力しきい電圧 V _{IH} 温度特性
図 14-16	ローレベル入力しきい電圧 V _{IL} 温度特性
図 14-17	HIN _x 端子、LIN _x 端子入力電流 I _{IN} 温度特性
図 14-18	ハイサイド オン信号伝達時間温度特性 (HIN _x から HO _x まで)
図 14-19	ローサイド オン信号伝達時間温度特性 (LIN _x から LO _x まで)
図 14-20	ハイサイド最小応答パルス幅 t _{HIN(MIN)} 温度特性
図 14-21	ローサイド最小応答パルス幅 t _{LIN(MIN)} 温度特性
図 14-22	SD1 端子フィルタ時間温度特性
図 14-23	SD2 端子フィルタ時間温度特性
図 14-24	電流リミッタ基準電圧 V _{LIM} 温度特性
図 14-25	過電流保護動作電圧 V _{TRIP} 温度特性
図 14-26	過電流保護保持時間 t _p 温度特性
図 14-27	過電流保護ブランキング時間 t _{BK(OCP)} 、電流リミッタブランキング時間 t _{BK(OCL)} 温度特性

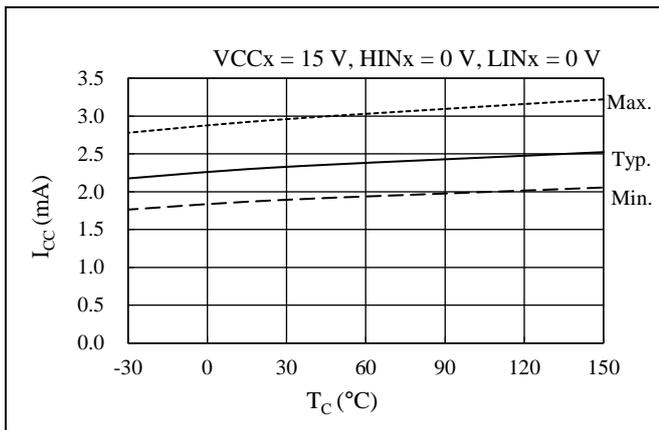


図 14-2 制御電源電流 I_{CC} 温度特性
($HIN_x = 0\text{ V}$ 、 $LIN_x = 0\text{ V}$)

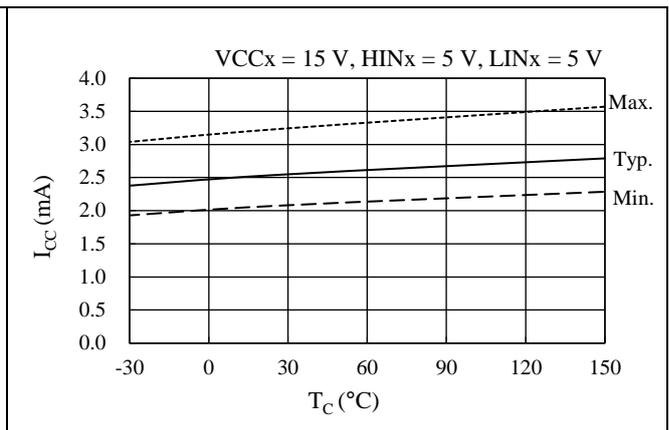


図 14-3 制御電源電流 I_{CC} 温度特性
($HIN_x = 5\text{ V}$ 、 $LIN_x = 5\text{ V}$)

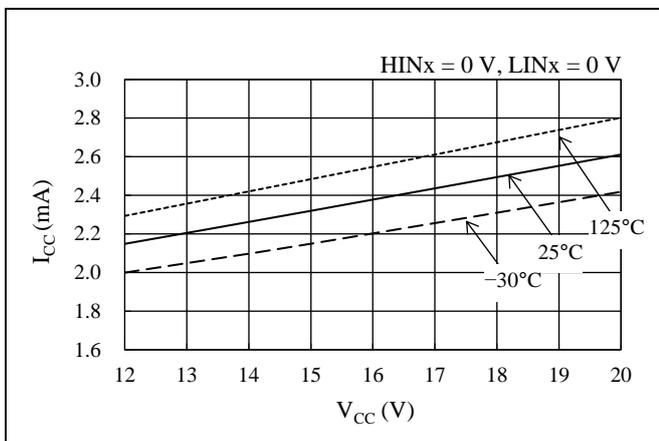


図 14-4 V_{CCx} 端子電圧 V_{CC} - 制御電源電流 I_{CC} 特性

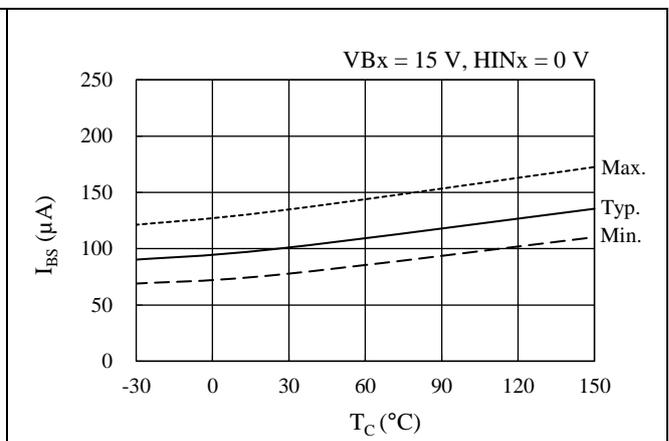


図 14-5 制御電源電流 (1 相) I_{BS} 温度特性
($HIN_x = 0\text{ V}$)

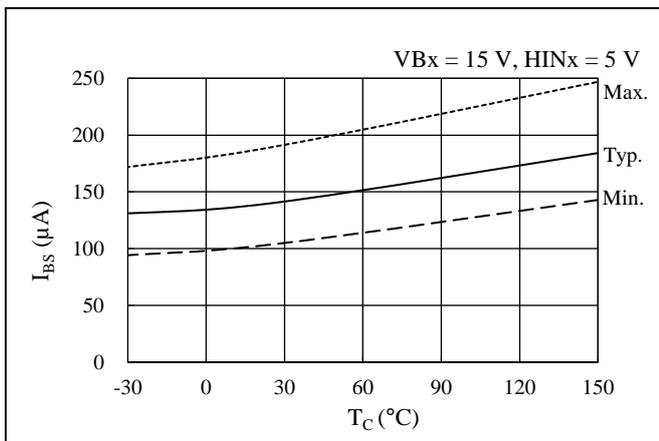


図 14-6 制御電源電流 (1 相) I_{BS} 温度特性
($HIN_x = 5\text{ V}$)

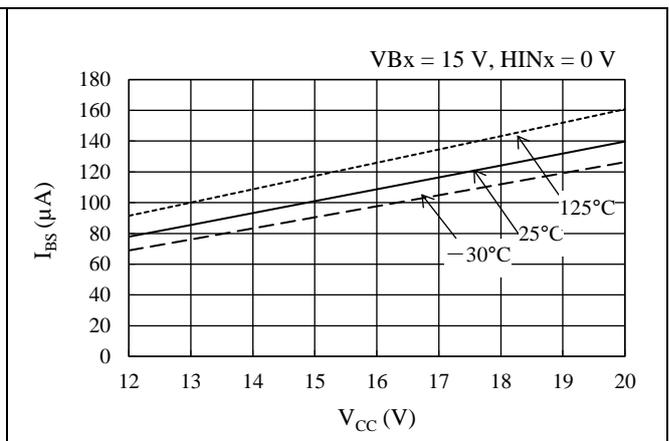


図 14-7 V_{Bx} 端子電圧 V_B - 制御電源電流 I_{BS} 特性
($HIN_x = 0\text{ V}$)

SLA68xxMH シリーズ

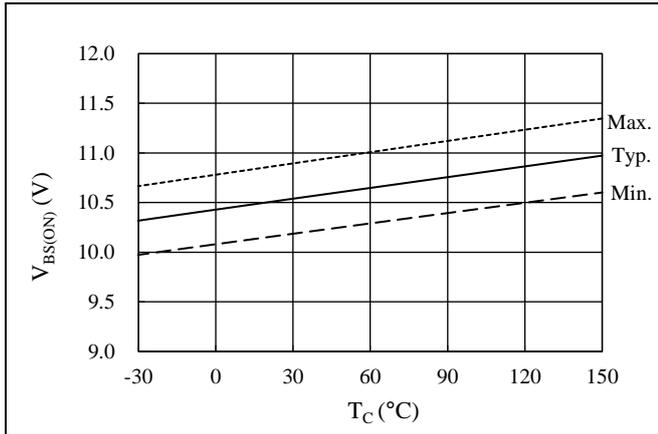


図 14-8 制御動作開始電圧 $V_{BS(ON)}$ 温度特性

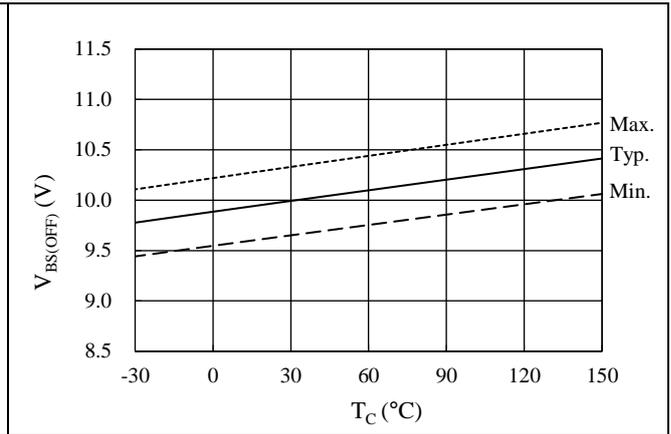


図 14-9 制御動作停止電圧 $V_{BS(OFF)}$ 温度特性

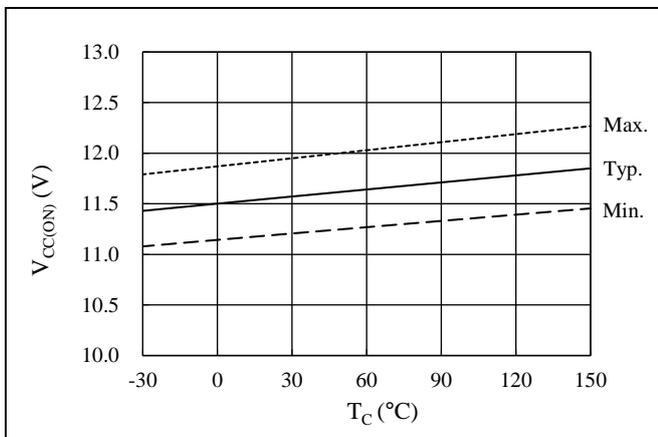


図 14-10 制御動作開始電圧 $V_{CC(ON)}$ 温度特性

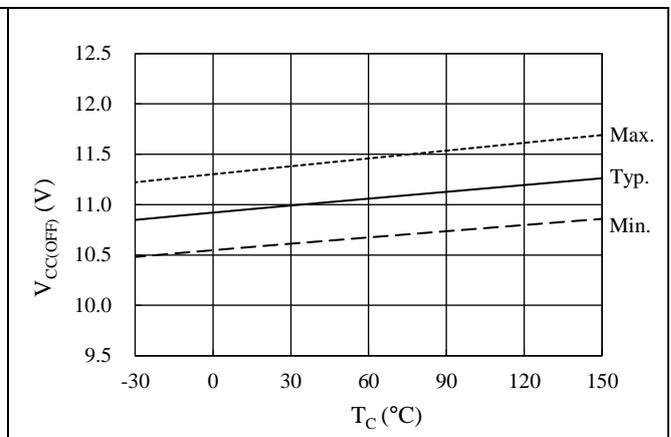


図 14-11 制御動作停止電圧 $V_{CC(OFF)}$ 温度特性

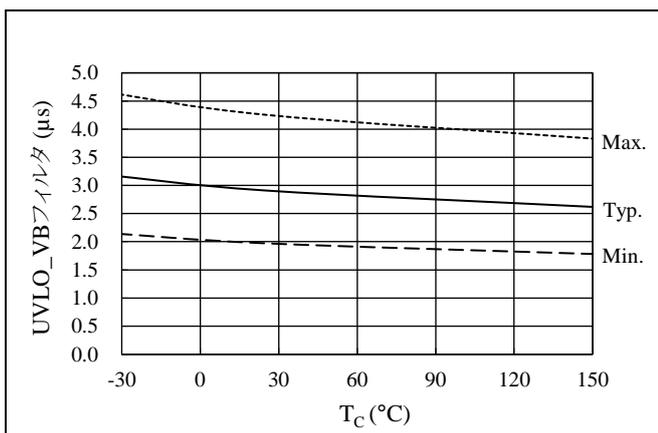


図 14-12 UVLO_VB フィルタ時間温度特性

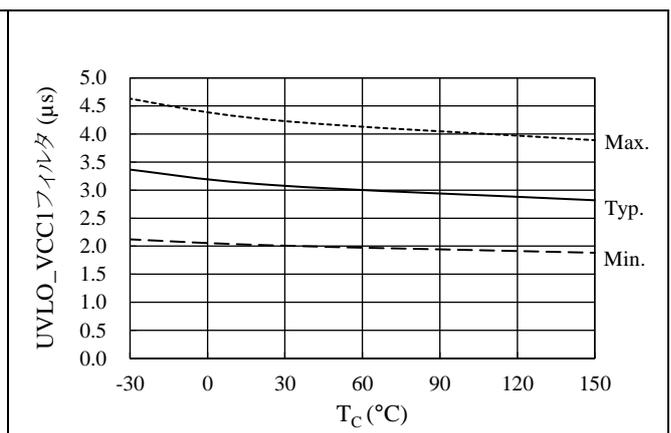


図 14-13 UVLO_VCC1 フィルタ時間温度特性

SLA68xxMH シリーズ

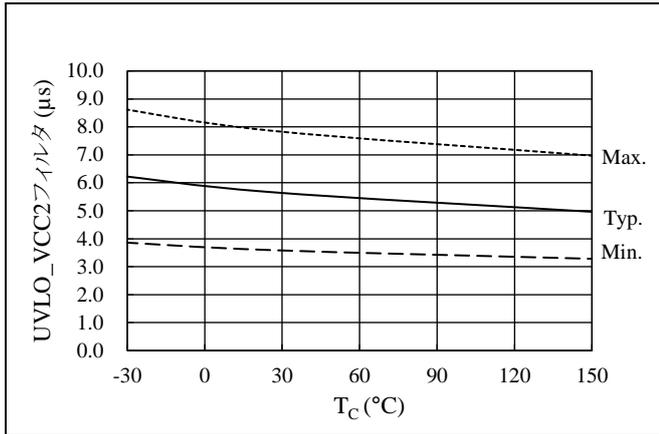


図 14-14 UVLO_VCC2 フィルタ時間温度特性

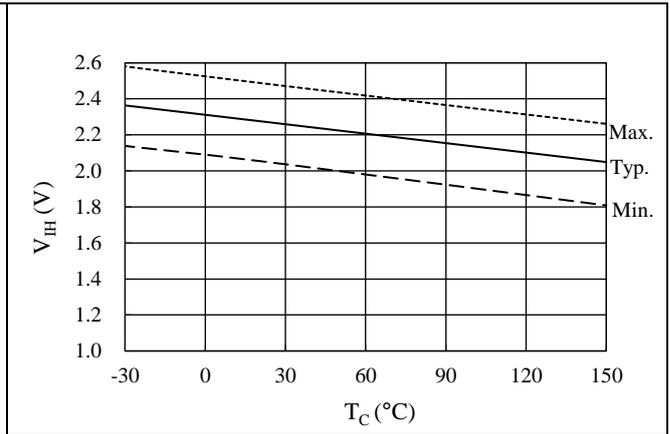


図 14-15 ハイレベル入力しきい電圧 V_{IH} 温度特性

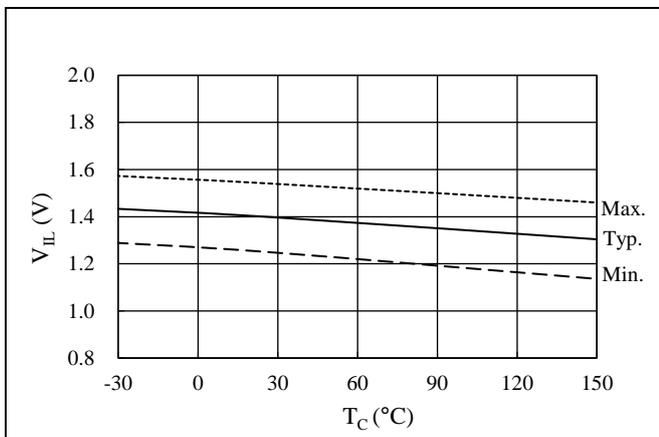


図 14-16 ローレベル入力しきい電圧 V_{IL} 温度特性

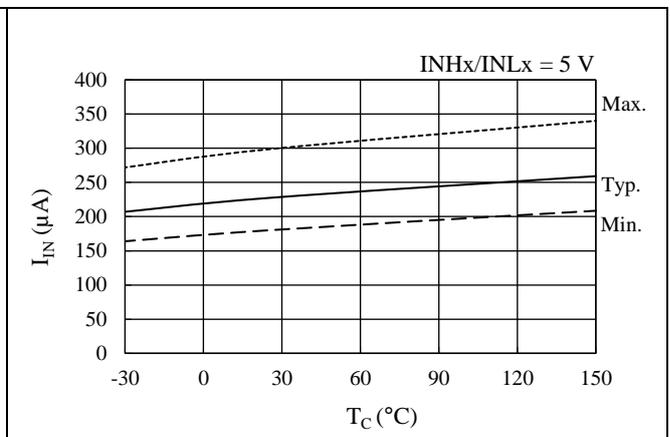


図 14-17 HINx 端子、LINx 端子入力電流 I_{IN} 温度特性

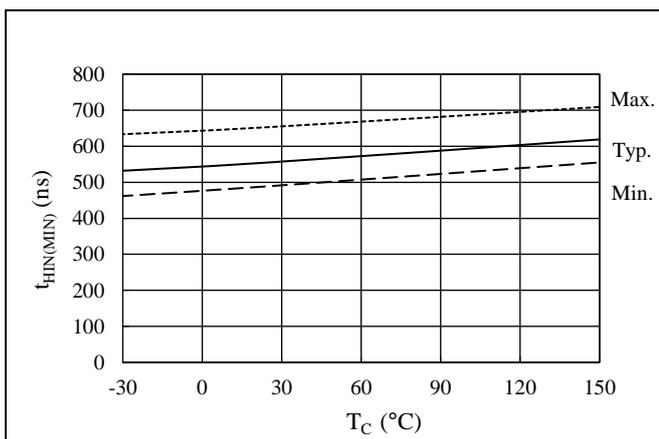


図 14-18 ハイサイド オン信号伝達時間温度特性 (HINx から HOx まで)

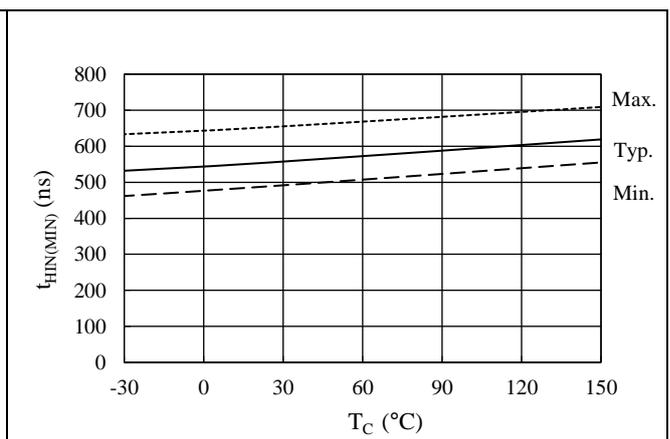


図 14-19 ローサイド オン信号伝達時間温度特性 (LINx から LOx まで)

SLA68xxMH シリーズ

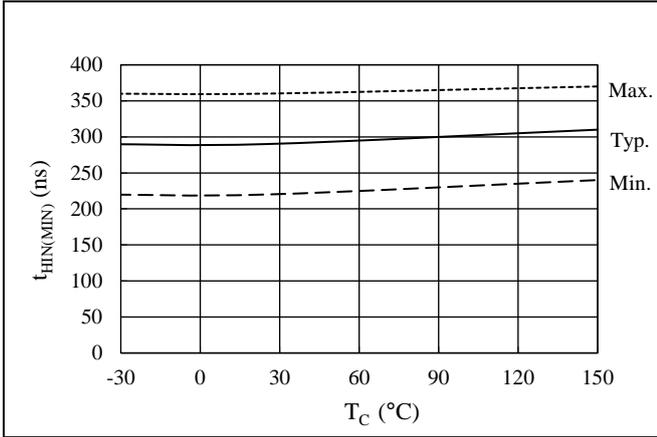


図 14-20 ハイサイド最小応答パルス幅 $t_{HIN(MIN)}$ 温度特性

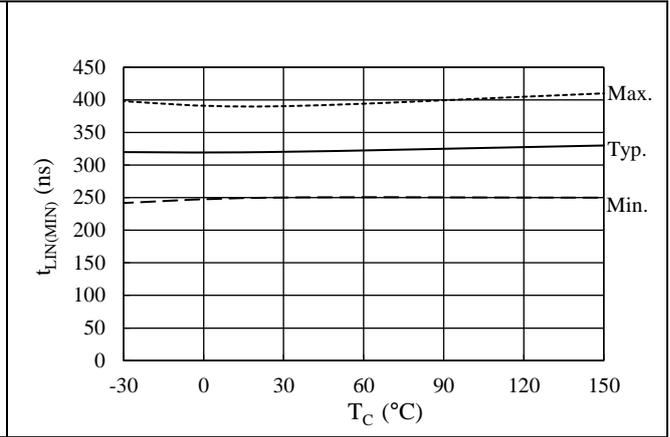


図 14-21 ローサイド最小応答パルス幅 $t_{LIN(MIN)}$ 温度特性

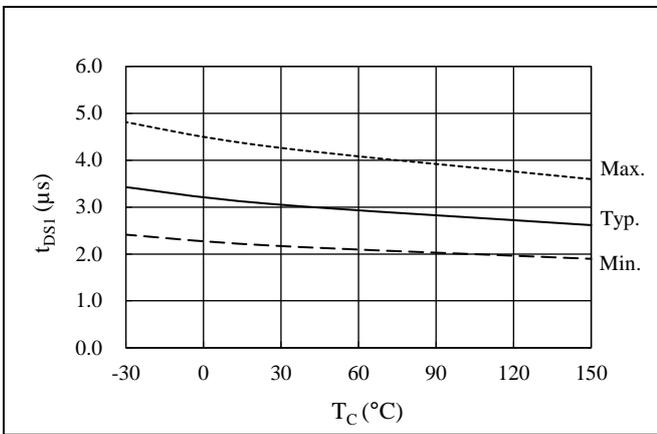


図 14-22 SD1 端子フィルタ時間温度特性

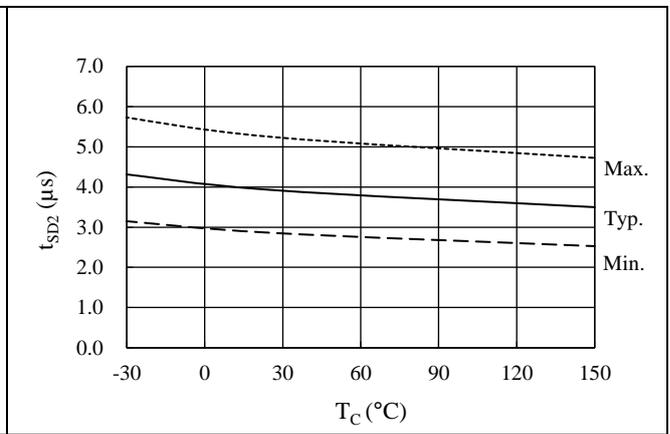


図 14-23 SD2 端子フィルタ時間温度特性

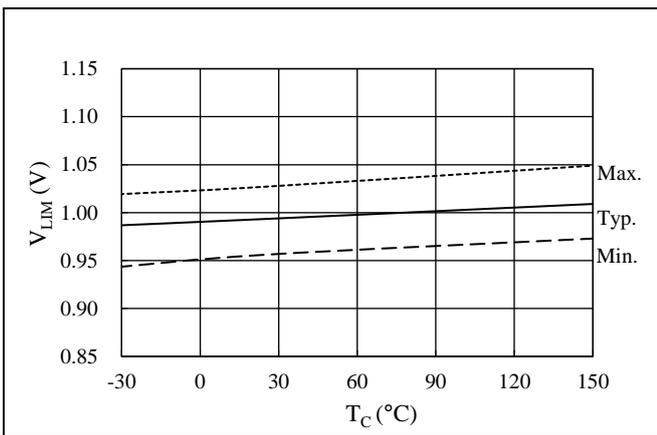


図 14-24 電流リミッタ基準電圧 V_{LIM} 温度特性

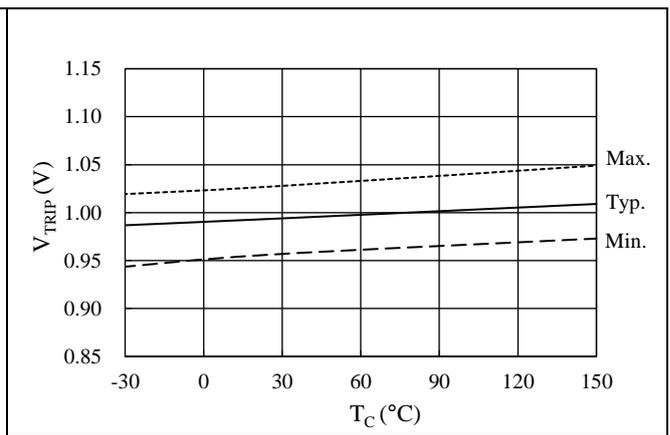


図 14-25 過電流保護動作電圧 V_{TRIP} 温度特性

SLA68xxMH シリーズ

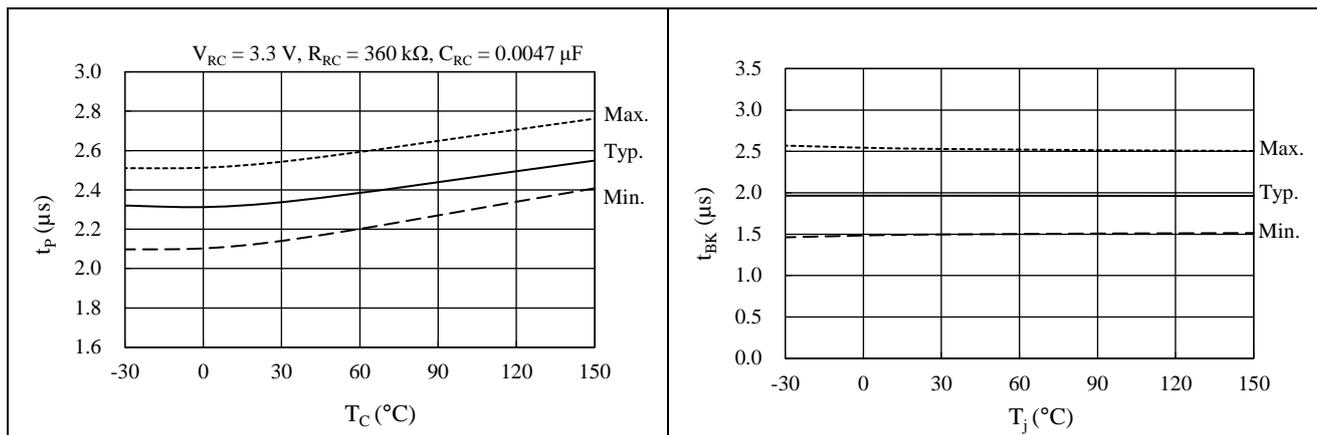


図 14-26 過電流保護保持時間 t_p 温度特性

図 14-27 過電流保護ブランキング時間 $t_{BK(OCp)}$ 、
電流リミッタブランキング時間 $t_{BK(OCL)}$ 温度特性

SLA68xxMH シリーズ

14.3 出力特性

14.3.1 出力素子特性

14.3.1.1. SLA6868MH

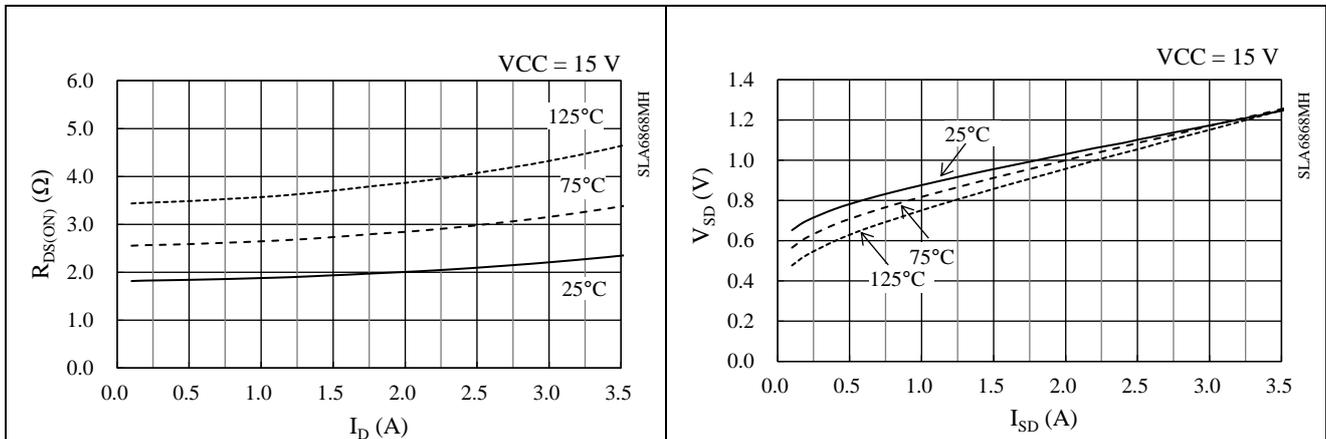


図 14-28 パワーMOSFET $R_{DS(ON)}$ - I_D 特性

図 14-29 パワーMOSFET V_{SD} - I_{SD} 特性

14.3.1.2. SLA6870MH

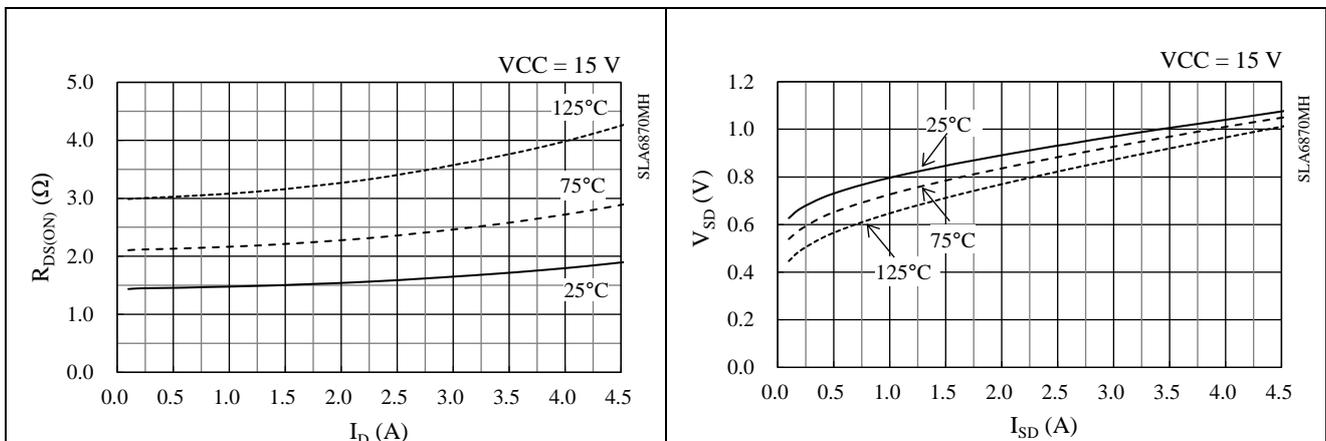


図 14-30 パワーMOSFET $R_{DS(ON)}$ - I_D 特性

図 14-31 パワーMOSFET V_{SD} - I_{SD} 特性

SLA68xxMH シリーズ

14.3.2 スイッチング損失

VBBx 端子電圧 = 300 V、L 負荷におけるハーフブリッジ動作時のスイッチング損失です。
スイッチング損失 E は、ターンオン損失とターンオフ損失の合計です。

14.3.2.1. SLA6868MH

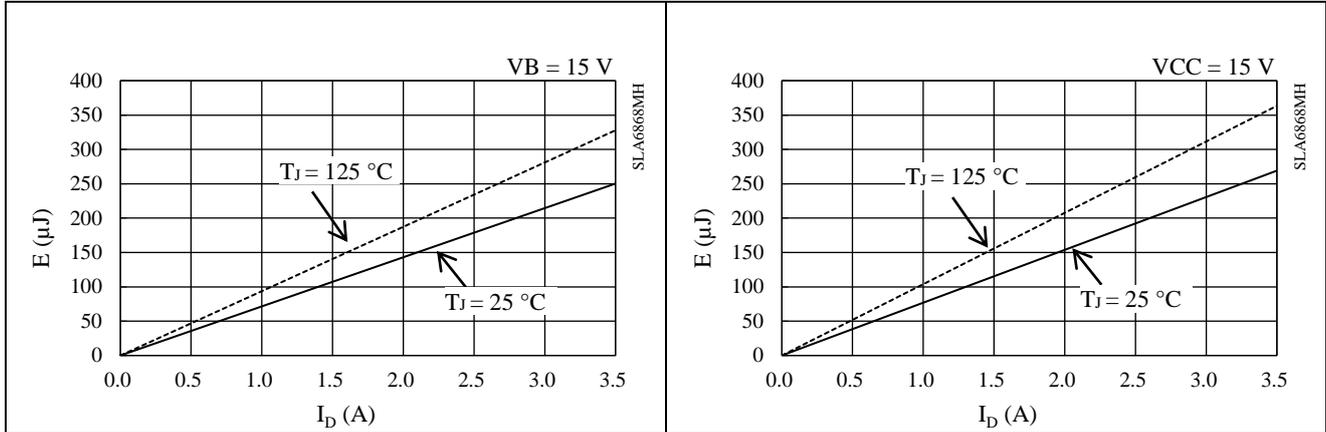


図 14-32 ハイサイドスイッチング損失

図 14-33 ローサイドスイッチング損失

14.3.2.2. SLA6870MH

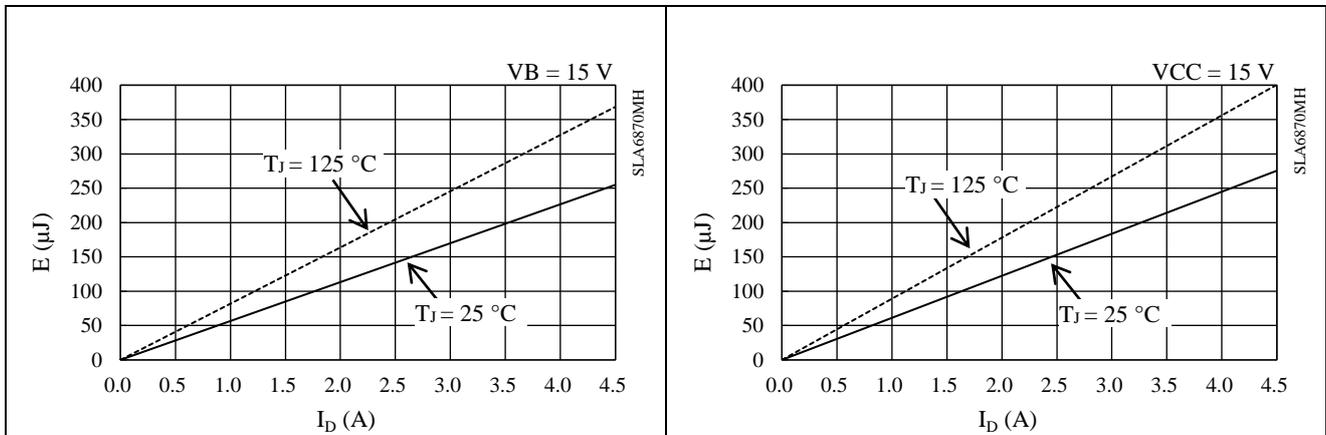


図 14-34 ハイサイドスイッチング損失

図 14-35 ローサイドスイッチング損失

14.4 許容実効電流特性グラフ

以下に示す許容実効電流特性は、正弦波駆動の 3 相変調方式、出力素子の $R_{DS(ON)}$ または $V_{CE(SAT)}$ 、およびスイッチング損失は Typ.品を想定しています。

<動作条件>

VBB 端子入力電圧 $V_{DC} = 300 \text{ V}$ 、VCCx 端子入力電圧 $V_{CC} = 15 \text{ V}$ 、変調率 $M = 0.9$ 、モータ力率 $\cos\theta = 0.8$ 、ジャンクション温度 $T_J = 150 \text{ }^\circ\text{C}$

14.4.1 SLA6868MH

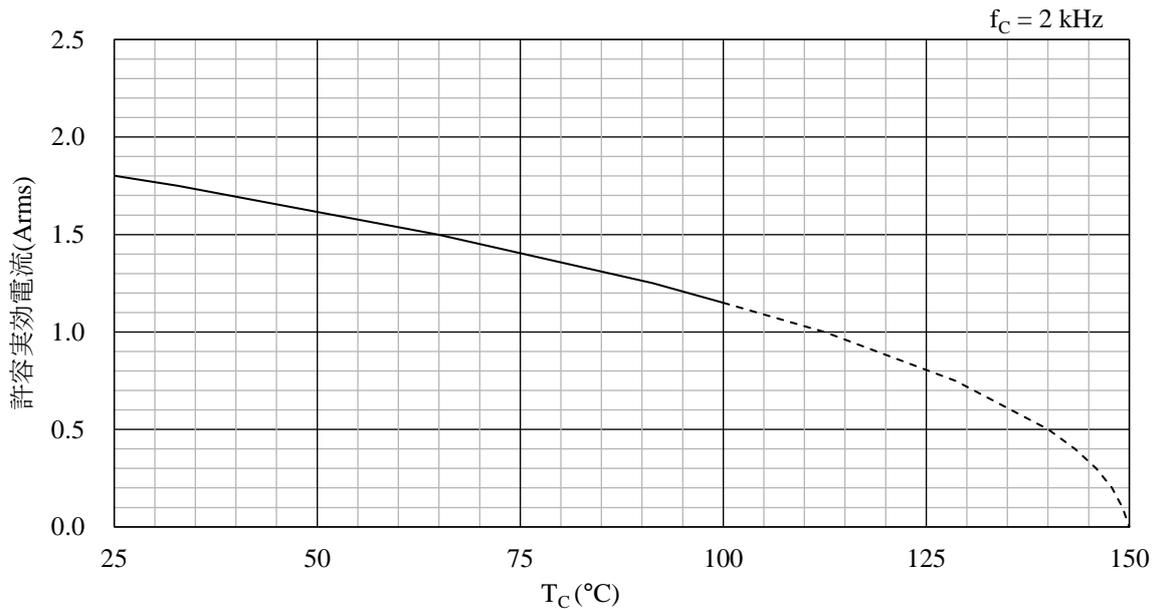


図 14-36 SLA6868MH 許容電流特性 ($f_C = 2 \text{ kHz}$)

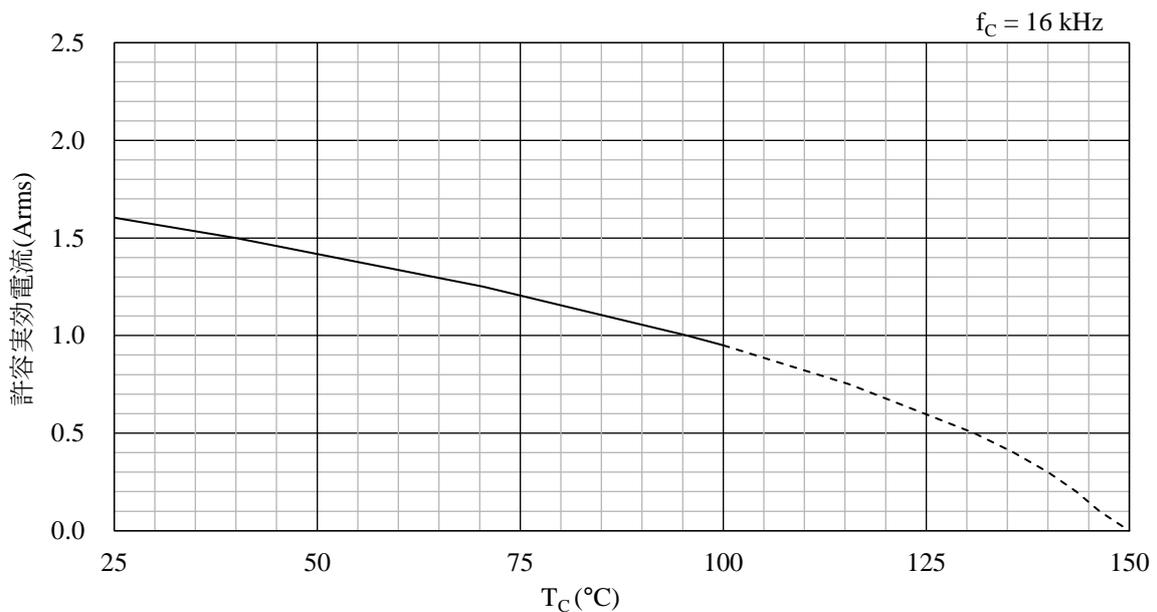


図 14-37 SLA6868MH 許容電流特性 ($f_C = 16 \text{ kHz}$)

14.4.2 SLA6870MH

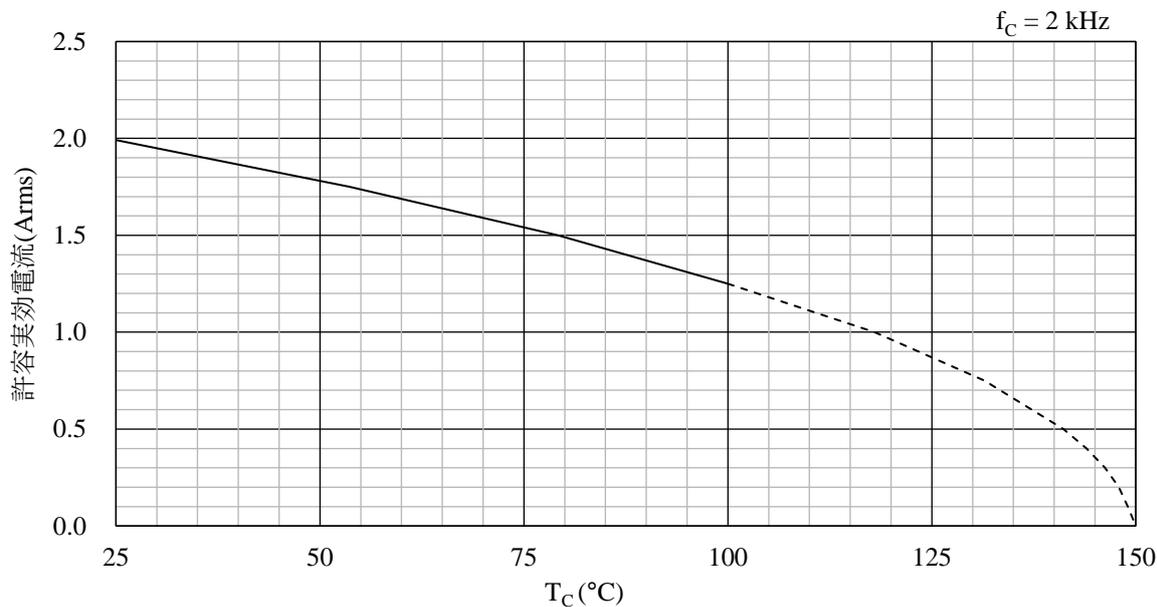


図 14-38 SLA6870MH 許容電流特性 ($f_c = 2 \text{ kHz}$)

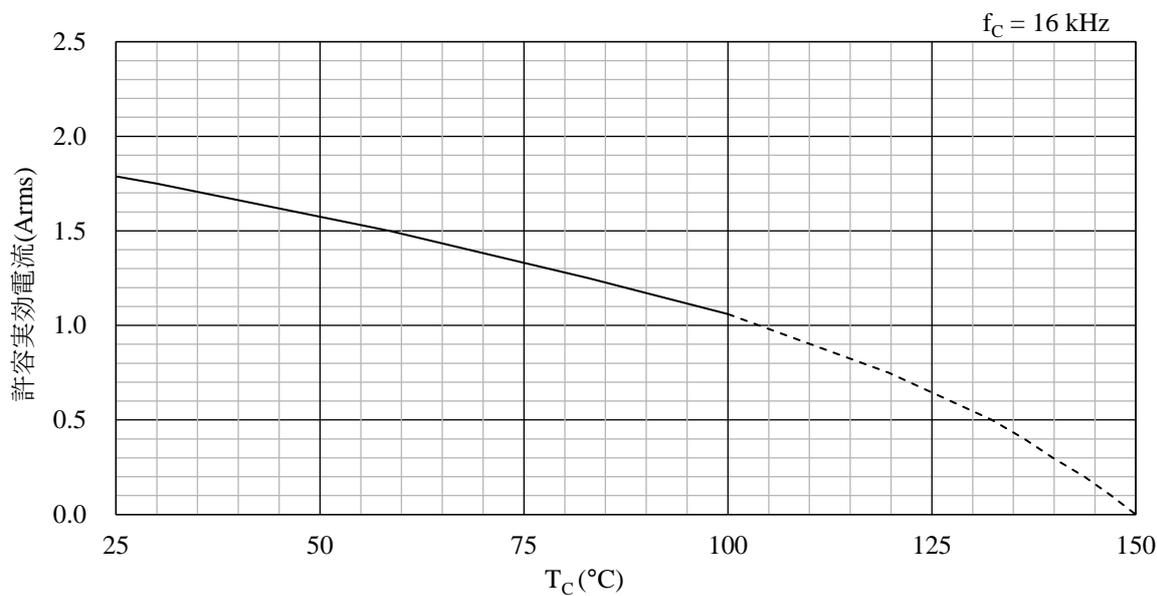


図 14-39 SLA6870MH 許容電流特性 ($f_c = 16 \text{ kHz}$)

15. パターンレイアウト例

以下に、本 IC を使用したパターンレイアウト例と、その回路図を示します。

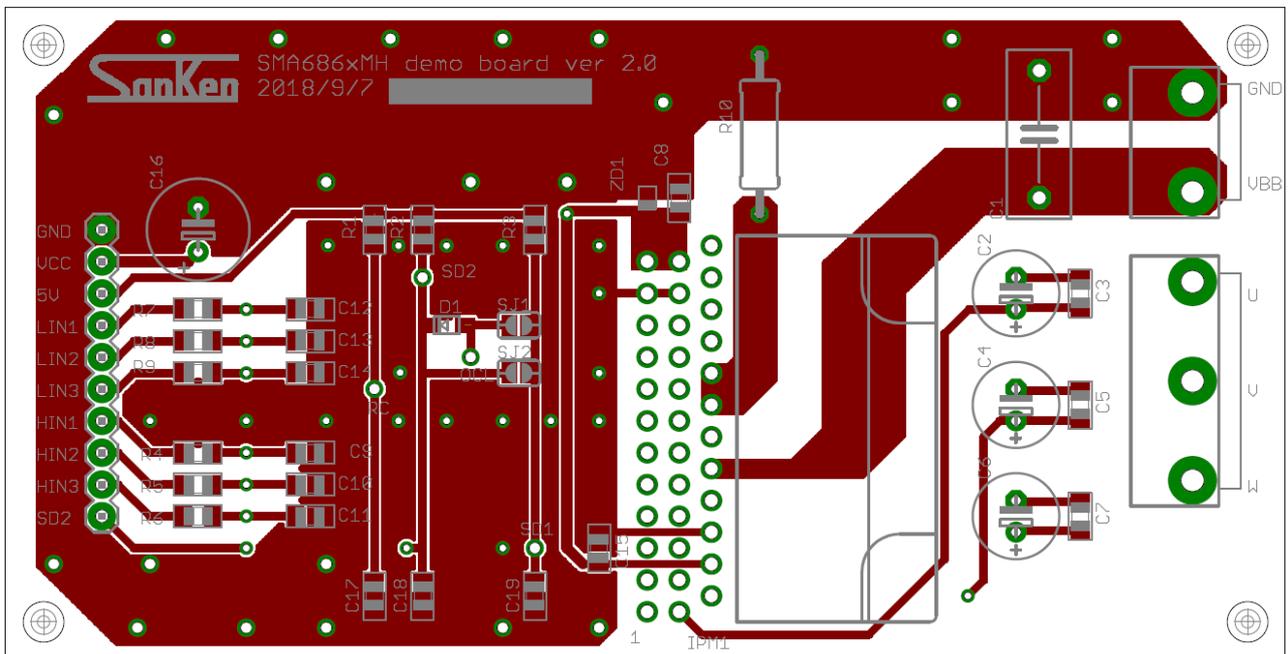


図 15-1 表面パターンレイアウト例

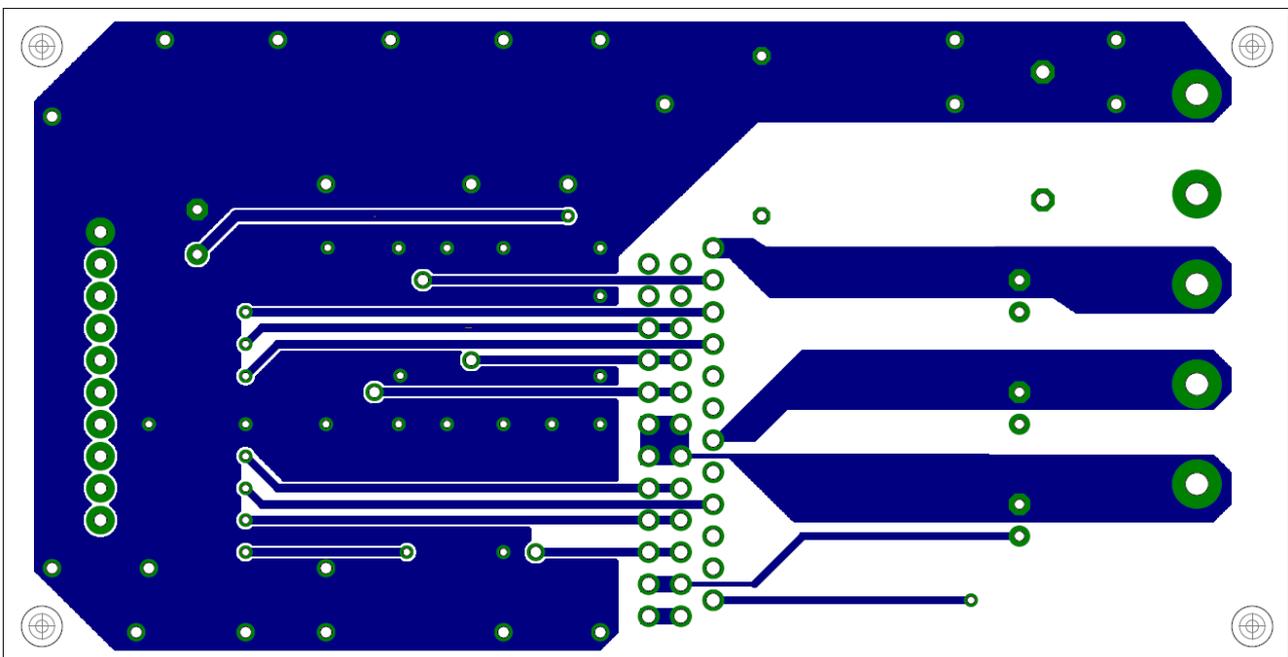


図 15-2 裏面パターンレイアウト例

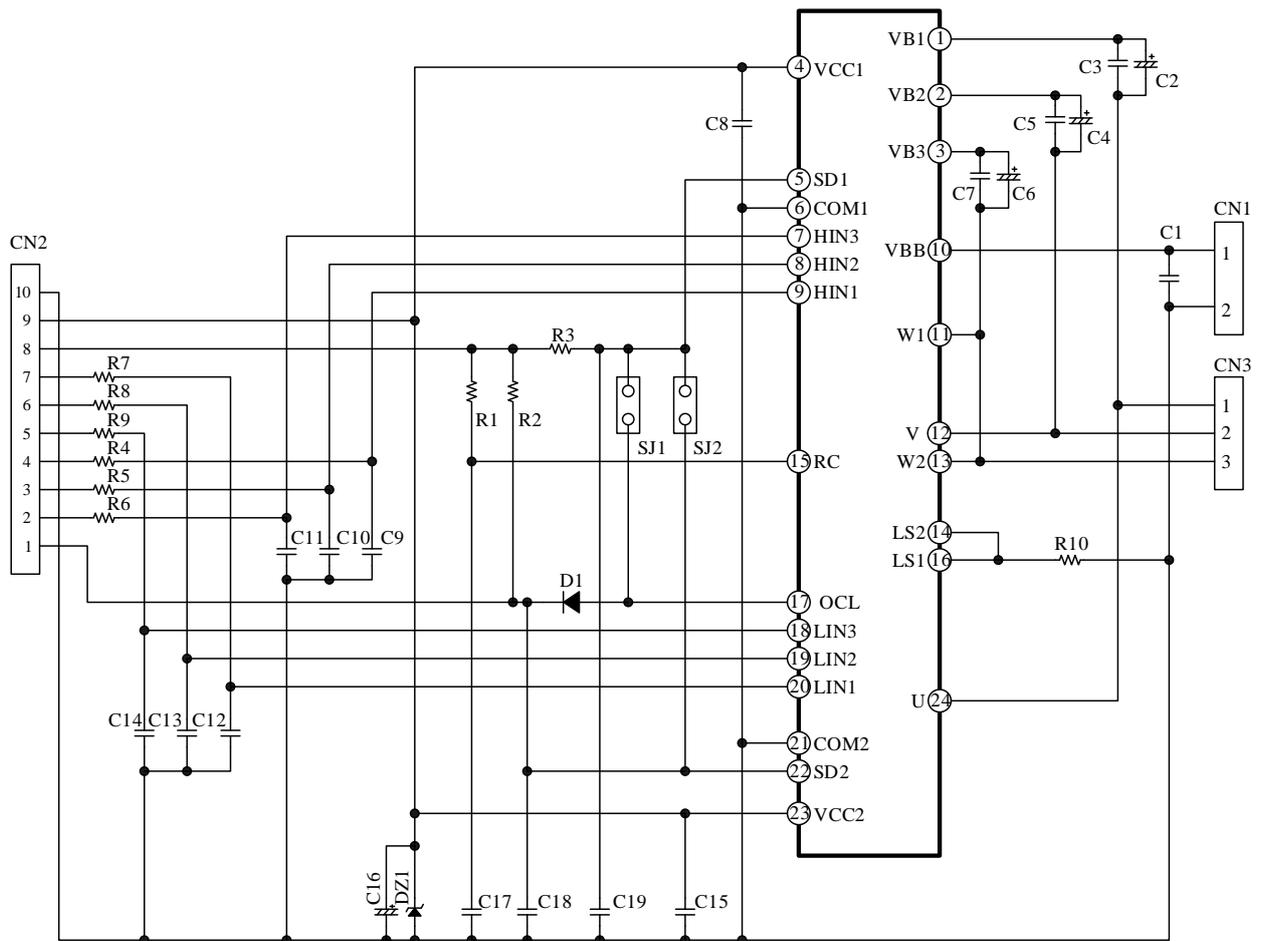


図 15-3 パターンレイアウト回路図

16. モータドライバ回路例

モータドライバの回路例として、その仕様と回路図および部品表を以下に示します。

OCL 端子と SD1 端子を接続すると、過電流制限機能動作時に、ハイサイドの出力素子をオフにできます (11.3.4 項参照)。

● モータドライバ仕様

使用 IC	SLA6870MH
主電源電圧 V_{DC}	DC300 V (typ.)
定格出力電力	300 W

● 回路図

図 15-3 参照

● 部品表

記号	部品名	定格	記号	部品名	定格
C1	Film	0.1 μ F, 400 V	D1	General-Purpose Rectifier	7 V, 200 mA; $V_F \leq 1.2$ V ($I_F = 5$ mA, -20~125 °C)
C2	Electrolytic	47 μ F, 50 V	R1	General	330 k Ω , 1/8 W
C3	Ceramic	0.1 μ F, 50 V	R2	General	3.3 k Ω , 1/8 W
C4	Electrolytic	47 μ F, 50 V	R3	General	3.3 k Ω , 1/8 W
C5	Ceramic	0.1 μ F, 50 V	R4	General	1 k Ω , 1/8 W
C6	Electrolytic	47 μ F, 50 V	R5	General	1 k Ω , 1/8 W
C7	Ceramic	0.1 μ F, 50 V	R6	General	1 k Ω , 1/8 W
C8	Ceramic	0.1 μ F, 50 V	R7	General	1 k Ω , 1/8 W
C9	Ceramic	100 pF, 50 V	R8	General	1 k Ω , 1/8 W
C10	Ceramic	100 pF, 50 V	R9	General	1 k Ω , 1/8 W
C11	Ceramic	100 pF, 50 V	R10 ⁽¹⁾	Metal plate	0.24 Ω , 2 W
C12	Ceramic	100 pF, 50 V	ZD1	Zener diode	$V_Z = 21$ V (max.)
C13	Ceramic	100 pF, 50 V	IPM1	IC	SLA6870MH
C14	Ceramic	100 pF, 50 V	SJ1 ⁽²⁾	Jumper	
C15	Ceramic	0.1 μ F, 50 V	SJ2 ⁽³⁾	Jumper	
C16	Electrolytic	47 μ F, 50 V	CN1	Pin header	B2P3-VH 相当
C17	Ceramic	4700 pF, 50 V	CN2	Connector	MA10-1 相当
C18	Ceramic	0.01 μ F, 50 V	CN3	Pin header	B2P5-VH 相当
C19	Ceramic	0.01 μ F, 50 V			

⁽¹⁾ 実機評価で調整が必要な部品

⁽²⁾ OCL 端子と SD1 端子を接続する場合： SJ1 ショート、SJ2 オープン、D1 挿入

OCL 端子と SD1 端子を接続しない場合： SJ1 オープン、SJ2 ショート、D1 オープン

注意書き

- 本書に記載している製品（以下、「本製品」という）のデータ、図、表、およびその他の情報（以下、「本情報」という）は、本書発行時点のものであります。本情報は、改良などで予告なく変更することがあります。本製品を使用する際は、本情報が最新であることを弊社販売窓口を確認してください。
- 本製品は、一般電子機器（家電製品、事務機器、通信端末機器、計測機器など）の部品に使用されることを意図しております。本製品を使用する際は、納入仕様書に署名または記名押印のうえ、返却をお願いします。高い信頼性が要求される装置（輸送機器とその制御装置、交通信号制御装置、防災装置、防犯装置、各種安全装置など）に本製品を使用することを検討する際は、必ず事前にその使用の適否について弊社販売窓口へ相談いただき、納入仕様書に署名または記名押印のうえ、返却をお願いします。本製品は、極めて高い信頼性が要求される機器または装置（航空宇宙機器、原子力制御、その故障や誤動作が生命や人体に危害を及ぼす恐れのある医療機器（日本における法令でクラスⅢ以上）など）（以下「特定用途」という）に使用されることは意図されておられません。特定用途に本製品を使用したことでお客様または第三者に生じた損害などに関して、弊社は一切その責任を負いません。
- 本製品を使用するにあたり、本製品に他の製品や部材を組み合わせる際、あるいはこれらの製品に物理的、化学的、その他の何らかの加工や処理を施す際は、使用者の責任においてそのリスクを必ず検討したうえで行ってください。
- 弊社は、品質や信頼性の向上に努めていますが、半導体製品は、ある確率で欠陥や故障が発生することは避けられません。本製品が故障し、その結果として人身事故、火災事故、社会的な損害などが発生しないように、故障発生率やディレーティングなどを考慮したうえで、使用者の責任において、本製品が使用される装置やシステム上で、十分な安全設計および確認を含む予防措置を必ず行ってください。ディレーティングについては、納入仕様書および弊社ホームページを参照してください。
- 本製品は、耐放射線設計をしておりません。
- 本書に記載している回路定数、動作例、回路例、パターンレイアウト例、設計例、推奨例、本書に記載しているすべての情報、およびこれらに基づく評価結果などは、使用上の参考として示したものです。
- 本情報に起因する使用者または第三者のいかなる損害、および使用者または第三者の知的財産権を含む財産権とその他一切の権利の侵害問題について、弊社は一切その責任を負いません。
- 本情報を、文書による弊社の承諾なしに転記や複製することを禁じます。
- 本情報について、弊社の所有する知的財産権およびその他の権利の実施、使用または利用を許諾するものではありません。
- 使用者と弊社との間で別途文書による合意がない限り、弊社は、本製品の品質（商品性、および特定目的または特別環境に対する適合性を含む）ならびに本情報（正確性、有用性、および信頼性を含む）について、明示的か黙示的かを問わず、いかなる保証もしておりません。
- 本製品を使用する際は、特定の物質の含有や使用を規制する RoHS 指令など、適用される可能性がある環境関連法令を十分に調査したうえで、当該法令に適合するように使用してください。
- 本製品および本情報を、大量破壊兵器の開発を含む軍事用途やその他軍事利用の目的で使用しないでください。また、本製品および本情報を輸出または非居住者などに提供する際は、「米国輸出管理規則」や「外国為替及び外国貿易法」など、各国で適用される輸出管理法令などを遵守してください。
- 弊社物流網以外における本製品の落下などの輸送中のトラブルについて、弊社は一切その責任を負いません。
- 本書は、正確を期すために慎重に製作したのですが、本書に誤りがないことを保証するものではありません。万一、本情報の誤りや欠落に起因して、使用者に損害が生じた場合においても、弊社は一切その責任を負いません。
- 本製品を使用する際の一般的な使用上の注意は弊社ホームページを、特に注意する内容は納入仕様書を参照してください。
- 本書で使用されている個々の商標、商号に関する権利は、弊社を含むその他の原権利者に帰属します。