

# 250 V / 500 V 高圧 3 相モータドライバ SX68000MH シリーズ

## データシート

### 概要

SX68000MH 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。

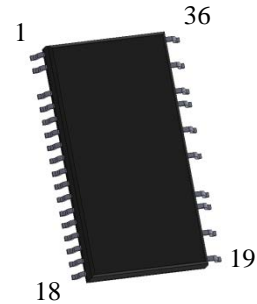
ユニバーサル入力仕様の小～中容量モータのインバータ制御に最適です。

### 特長

- ブートストラップダイオード内蔵  
(制限抵抗 60 Ω)
- CMOS (3.3 V、5 V 系) 入力レベル対応
- 端子部 Pb フリー (RoHS 対応)
- 保護回路動作時エラー信号出力 (FO 端子)
- ハイサイドシャットダウン信号入力 (SD 端子)
- 保護機能
  - 過電流制限機能 (OCL) : 自動復帰
  - 過電流保護機能 (OCP) : 自動復帰
  - 電源電圧低下保護機能
    - ハイサイド (UVLO\_VB) : 自動復帰
    - ローサイド (UVLO\_VCC) : 自動復帰
  - サーマルシャットダウン (TSD) : 自動復帰

### パッケージ

SOP36



原寸大ではありません。

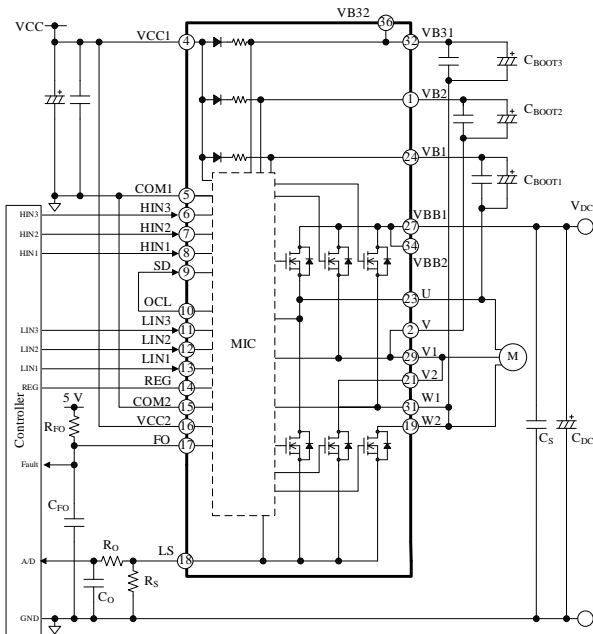
### SX68000MH シリーズ

出力耐圧	電流定格	製品名
250 V	2.0 A	SX68001MH
500 V	2.5 A	SX68003MH

### アプリケーション

- 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

### 応用回路例



## 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 スイッチング素子特性	8
3.4.1 SX68001MH	8
3.4.2 SX68003MH	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
10. 捺印仕様	15
11. 機能説明	16
11.1 起動、停止時の注意	16
11.2 各端子の設定	16
11.2.1 U、V、V1、V2、W1、W2 端子	16
11.2.2 VB1、VB2、VB31、VB32 端子	16
11.2.3 VCC1、VCC2 端子	17
11.2.4 COM1、COM2 端子	17
11.2.5 REG 端子	18
11.2.6 HIN1、HIN2、HIN3 端子 LIN1、LIN2、LIN3 端子	18
11.2.7 VBB1、VBB2 端子	18
11.2.8 LS 端子	19
11.2.9 OCL 端子	19
11.2.10 SD 端子	19
11.2.11 FO 端子	19
11.3 保護機能	19
11.3.1 エラー出力	20
11.3.2 シャットダウン信号入力	20
11.3.3 電源電圧低下保護機能 (UVLO)	20
11.3.4 過電流制限機能 (OCL)	21
11.3.5 過電流保護機能 (OCP)	22
11.3.6 サーマルシャットダウン (TSD)	22
12. 設計上の注意点	23
12.1 パターンレイアウト	23
12.2 IC の特性を測定する際の注意	23
13. 損失の計算とジャンクション温度の推定	24
13.1 パワーMOSFET の場合	24

## SX68000MH シリーズ

---

13.1.1	パワーMOSFET の定常損失 $P_{RON}$ -----	24
13.1.2	パワーMOSFET のスイッチング損失 $P_{SW}$ -----	25
13.1.3	ボディダイオードの定常損失 $P_{SD}$ -----	25
13.1.4	パワーMOSFET のジャンクション温度の推定 -----	25
14.	代表特性グラフ -----	26
14.1	過渡熱抵抗グラフ -----	26
14.2	制御部代表特性グラフ -----	27
14.3	出力特性グラフ -----	33
14.3.1	出力素子特性グラフ -----	33
14.3.2	スイッチング損失グラフ -----	34
14.4	許容実効電流特性グラフ -----	35
14.4.1	SX68001MH -----	35
14.4.2	SX68003MH -----	36
15.	パターンレイアウト例 -----	37
16.	モータドライバ回路例 -----	39
	注意書き -----	40

## SX68000MH 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	$V_{DSS}$	$V_{CC} = 15\text{ V}$ 、 $I_D = 100\text{ }\mu\text{A}$ 、 $V_{IN} = 0\text{ V}$	250	V	SX68001MH
			500		SX68003MH
制御電源電圧	$V_{CC}$	VCC1-COM1 間、 VCC2-COM2 間	20	V	
	$V_{BS}$	VB1-U 間、 VB2-V 間、VB2-V1 間、 VB31-W1 間、VB32-W1 間	20		
出力電流（連続） <sup>(1)</sup>	$I_O$	$T_C = 25\text{ }^\circ\text{C}$	2	A	SX68001MH
			2.5		SX68003MH
出力電流（パルス）	$I_{OP}$	$T_C = 25\text{ }^\circ\text{C}$ 、 $P_w \leq 100\text{ }\mu\text{s}$	3	A	SX68001MH
			3.75		SX68003MH
レギュレータ出力電流	$I_{REG}$		35	mA	
入力電圧	$V_{IN}$	HINx、LINx、FO、SD	-0.5~7	V	
許容損失	$P_D$	$T_C = 25\text{ }^\circ\text{C}$	3	W	
動作ケース温度 <sup>(2)</sup>	$T_{C(OP)}$		-20~100	$^\circ\text{C}$	
ジャンクション温度 <sup>(3)</sup>	$T_J$		150	$^\circ\text{C}$	
保存温度	$T_{STG}$		-40~150	$^\circ\text{C}$	

<sup>(1)</sup> 実際のケース温度に応じたデ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）

<sup>(2)</sup> IC 動作時のケース温度

<sup>(3)</sup> IC 内部の各チップ（制御 IC、スイッチング素子、フリーホイールダイオード）のジャンクション温度

## SX68000MH 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	$V_{DC}$	VBBx-LS 間	—	140	200	V	SX68001MH
		VBBx-LS 間	—	300	400		SX68003MH
制御電源電圧	$V_{CC}$	VCC1-COM1 間、 VCC2-COM2 間	13.5	—	16.5	V	
	$V_{BS}$	VB1-U 間、 VB2-V 間、VB2-V1 間、 VB31-W1 間、VB32-W1 間	13.5	—	16.5	V	
入力電圧 (HINx、 LINx、SD、FO)	$V_{IN}$		0	—	5.5	V	
最小入力パルス幅	$t_{IN(MIN)ON}$		0.5	—	—	$\mu s$	
	$t_{IN(MIN)OFF}$		0.5	—	—	$\mu s$	
入力信号デッドタイム	$t_{DEAD}$		1.5	—	—	$\mu s$	
FO 端子プルアップ抵抗	$R_{FO}$		3.3	—	10	k $\Omega$	
FO 端子プルアップ電圧	$V_{FO}$		3.0	—	5.5	V	
FO 端子ノイズ除去用 コンデンサ	$C_{FO}$		0.001	—	0.01	$\mu F$	
ブートストラップ コンデンサ	$C_{BOOT}$		1	—	—	$\mu F$	
シャント抵抗	$R_S$	$I_p \leq 3 A$	0.37	—	—	$\Omega$	SX68001MH
		$I_p \leq 3.75 A$	0.3	—	—		SX68003MH
RC フィルタ抵抗	$R_O$		—	—	100	$\Omega$	
RC フィルタコンデンサ	$C_O$		1000	—	10000	pF	
PWM キャリア周波数	$f_C$		—	—	20	kHz	
動作ケース温度	$T_{C(OP)}$		—	—	100	$^{\circ}C$	

## SX68000MH 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
<b>電源部</b>							
制御動作開始電圧	$V_{CC(ON)}$	VCC1-COM1 間、 VCC2-COM2 間	10.5	11.5	12.5	V	
	$V_{BS(ON)}$	VB1-U 間、 VB2-V 間、VB2-V1 間、 VB31-W1 間、 VB32-W1 間	9.5	10.5	11.5	V	
制御動作停止電圧	$V_{CC(OFF)}$	VCC1-COM1 間、 VCC2-COM2 間	10.0	11.0	12.0	V	
	$V_{BS(OFF)}$	VB1-U 間、 VB2-V 間、VB2-V1 間、 VB31-W1 間、 VB32-W1 間	9.0	10.0	11.0	V	
制御電源電流	$I_{CC}$	$I_{REG} = 0\text{ A}$	—	4.6	8.5	mA	
	$I_{BS}$	$HIN_x = 5\text{ V}$ 、1 相あたりの $VB_x$ 端子電流	—	140	400	$\mu\text{A}$	
<b>入力信号部</b>							
ハイレベル入力しきい電圧 ( $HIN_x$ 、 $LIN_x$ 、SD)	$V_{IH}$	出力オン	—	2.0	2.5	V	
ローレベル入力しきい電圧 ( $HIN_x$ 、 $LIN_x$ 、SD)	$V_{IL}$	出力オフ	1.0	1.5	—	V	
FO 端子ハイレベル入力しきい電圧	$V_{IH(FO)}$	出力オン	—	2.0	2.5	V	
FO 端子ローレベル入力しきい電圧	$V_{IL(FO)}$	出力オフ	1.0	1.5	—	V	
ハイレベル入力電流 ( $HIN_x$ 、 $LIN_x$ )	$I_{IH}$	$V_{IN} = 5\text{ V}$	—	230	500	$\mu\text{A}$	
ローレベル入力電流 ( $HIN_x$ 、 $LIN_x$ )	$I_{IL}$	$V_{IN} = 0\text{ V}$	—	—	2	$\mu\text{A}$	
<b>エラー信号出力</b>							
エラー信号出力時 FO 端子電圧	$V_{FOL}$	$V_{FO} = 5\text{ V}$ 、 $R_{FO} = 10\text{ k}\Omega$	0	—	0.5	V	
定常動作時 FO 端子電圧	$V_{FOH}$	$V_{FO} = 5\text{ V}$ 、 $R_{FO} = 10\text{ k}\Omega$	4.8	—	—	V	
<b>保護機能</b>							
OCL 端子出力電圧(L)	$V_{OCL(L)}$		0	—	0.5	V	
OCL 端子出力電圧(H)	$V_{OCL(H)}$		4.5	—	5.5	V	
電流リミッタ基準電圧	$V_{LIM}$		0.6175	0.6500	0.6825	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	$t_p$		20	25	—	$\mu\text{s}$	

## SX68000MH シリーズ

項目	記号	条件	Min.	Typ.	Max.	単位	備考
過電流保護ブランキング時間	$t_{BK(OC)}$		—	2	3.5	$\mu\text{s}$	
電流リミッタブランキング時間	$t_{BK(OCL)}$		—	2	3.5	$\mu\text{s}$	
サーマルシャットダウン動作温度	$T_{DH}$	$I_{REG} = 0 \text{ mA}$ 、 放熱器なし	135	150	165	$^{\circ}\text{C}$	
サーマルシャットダウン動作解除温度	$T_{DL}$	$I_{REG} = 0 \text{ mA}$ 、 放熱器なし	105	120	135	$^{\circ}\text{C}$	
レギュレータ出力電圧	$V_{REG}$	$I_{REG} = 0 \text{ mA} \sim 35 \text{ mA}$	6.75	7.5	8.25	V	

### 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	$I_{LBD}$	$V_R = 250 \text{ V}$	—	—	10	$\mu\text{A}$	SX68001MH
		$V_R = 500 \text{ V}$	—	—	10		SX68003MH
ブートストラップダイオード順電圧	$V_{FB}$	$I_{FB} = 0.15 \text{ A}$	—	1.0	1.3	V	
ブートストラップダイオード直列抵抗	$R_{BOOT}$		48	60	72	$\Omega$	

### 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 <sup>(1)</sup>	$R_{J-C}$	パワー-MOSFET 全素子動作時	—	—	10	$^{\circ}\text{C/W}$	
ジャンクション-周囲間熱抵抗	$R_{J-A}$	パワー-MOSFET 全素子動作時	—	—	35	$^{\circ}\text{C/W}$	

<sup>(1)</sup> ケース温度は図 3-1 で規定。基板実装時（1.6 mm、銅箔 35  $\mu\text{m}$ 、CEM-3、モールドなし、自然空冷）

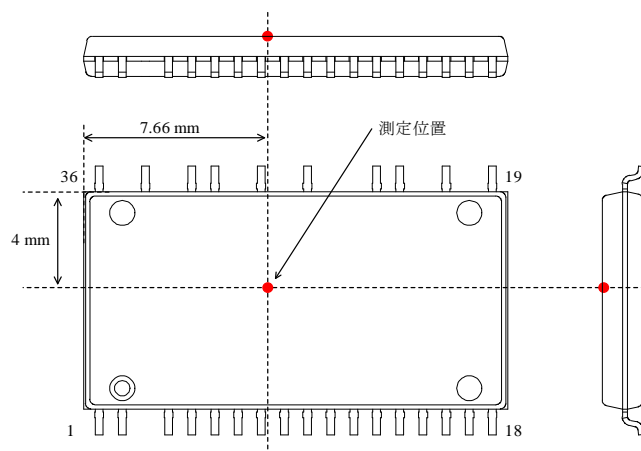


図 3-1 ケース温度測定位置

## SX68000MH シリーズ

### 3.4 スイッチング素子特性

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。

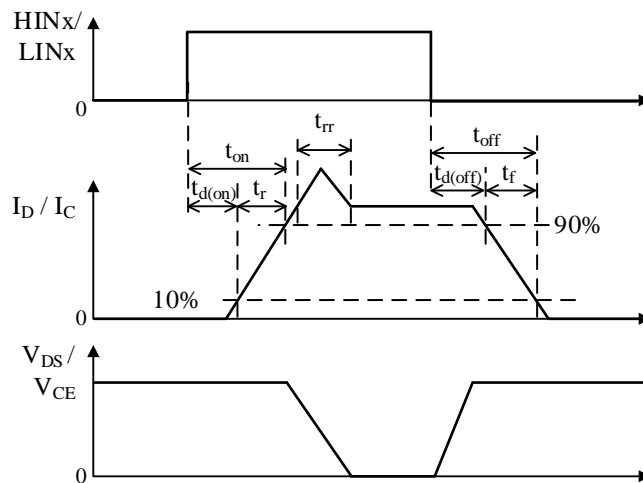


図 3-2 スイッチング時間の定義

#### 3.4.1 SX68001MH

項目	記号	条件	Min.	Typ.	Max.	単位
ドレイン-ソース間漏れ電流	$I_{DSS}$	$V_{DS} = 250 \text{ V}$ 、 $V_{IN} = 0 \text{ V}$	—	—	100	$\mu\text{A}$
ドレイン-ソース間オン抵抗	$R_{DS(ON)}$	$I_D = 1.0 \text{ A}$ 、 $V_{IN} = 5 \text{ V}$	—	1.25	1.5	$\Omega$
ソース-ドレイン間ダイオード順電圧	$V_{SD}$	$I_{SD} = 1.0 \text{ A}$ 、 $V_{IN} = 0 \text{ V}$	—	1.1	1.5	V
<b>ハイサイドスイッチング特性</b>						
ソース-ドレイン間ダイオード逆回復時間	$t_{rr}$	$V_{DC} = 150 \text{ V}$ 、 $V_{CC} = 15 \text{ V}$ 、 $I_D = 1.0 \text{ A}$ 、 $V_{IN} = 0 \text{ V} \leftrightarrow 5 \text{ V}$ 、 $T_J = 25 \text{ }^\circ\text{C}$ 、 誘導負荷	—	75	—	ns
ターンオン遅延時間	$t_{d(on)}$		—	800	—	ns
上昇時間	$t_r$		—	45	—	ns
ターンオフ遅延時間	$t_{d(off)}$		—	720	—	ns
下降時間	$t_f$		—	40	—	ns
<b>ローサイドスイッチング特性</b>						
ソース-ドレイン間ダイオード逆回復時間	$t_{rr}$	$V_{DC} = 150 \text{ V}$ 、 $V_{CC} = 15 \text{ V}$ 、 $I_D = 1.0 \text{ A}$ 、 $V_{IN} = 0 \text{ V} \leftrightarrow 5 \text{ V}$ 、 $T_J = 25 \text{ }^\circ\text{C}$ 、 誘導負荷	—	70	—	ns
ターンオン遅延時間	$t_{d(on)}$		—	750	—	ns
上昇時間	$t_r$		—	50	—	ns
ターンオフ遅延時間	$t_{d(off)}$		—	660	—	ns
下降時間	$t_f$		—	20	—	ns



## SX68000MH シリーズ

### 3.4.2 SX68003MH

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	$\mu\text{A}$
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	$\Omega$
ソース-ドレイン間ダイオード順電圧	$V_{SD}$	$I_{SD} = 1.25\text{ A}$ 、 $V_{IN} = 0\text{ V}$	—	1.0	1.5	V
<b>ハイサイドスイッチング特性</b>						
ソース-ドレイン間ダイオード逆回復時間	$t_{rr}$	$V_{DC} = 300\text{ V}$ 、 $V_{CC} = 15\text{ V}$ 、 $I_D = 1.25\text{ A}$ 、 $V_{IN} = 0\text{ V} \leftrightarrow 5\text{ V}$ 、 $T_J = 25\text{ }^\circ\text{C}$ 、 誘導負荷	—	135	—	ns
ターンオン遅延時間	$t_{d(on)}$		—	940	—	ns
上昇時間	$t_r$		—	100	—	ns
ターンオフ遅延時間	$t_{d(off)}$		—	975	—	ns
下降時間	$t_f$		—	45	—	ns
<b>ローサイドスイッチング特性</b>						
ソース-ドレイン間ダイオード逆回復時間	$t_{rr}$	$V_{DC} = 300\text{ V}$ 、 $V_{CC} = 15\text{ V}$ 、 $I_D = 1.25\text{ A}$ 、 $V_{IN} = 0\text{ V} \leftrightarrow 5\text{ V}$ 、 $T_J = 25\text{ }^\circ\text{C}$ 、 誘導負荷	—	135	—	ns
ターンオン遅延時間	$t_{d(on)}$		—	900	—	ns
上昇時間	$t_r$		—	105	—	ns
ターンオフ遅延時間	$t_{d(off)}$		—	905	—	ns
下降時間	$t_f$		—	35	—	ns

## 4. 機械的特性

項目	条件	Min.	Typ.	Max.	単位	備考
質量		—	1.4	—	g	

## 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<sub>x</sub> と LIN<sub>x</sub> 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。

ローサイド電源電圧低下保護（UVLO\_VCC）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）。

ハイサイド電源電圧低下保護（UVLO\_VB）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 <sub>x</sub>	LIN <sub>x</sub>	ハイサイドスイッチ	ローサイドスイッチ
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 FO = “L”	L	L	OFF	OFF
	H	L	ON	OFF
	L	H	OFF	OFF
	H	H	ON	OFF
ハイサイド電源電圧低下 保護動作（UVLO_VB）	L	L	OFF	OFF
	H	L	OFF	OFF
	L	H	OFF	ON
	H	H	OFF	ON
ローサイド電源電圧低下 保護動作（UVLO_VCC）	L	L	OFF	OFF
	H	L	OFF	OFF
	L	H	OFF	OFF
	H	H	OFF	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 = SD）	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

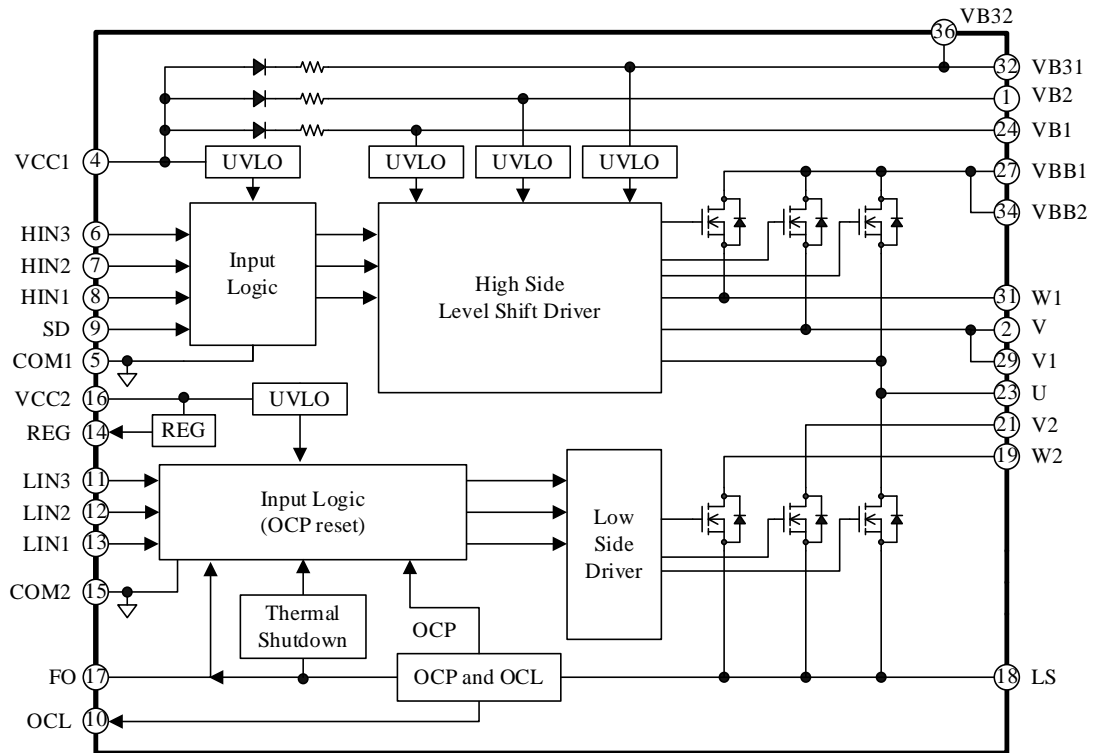
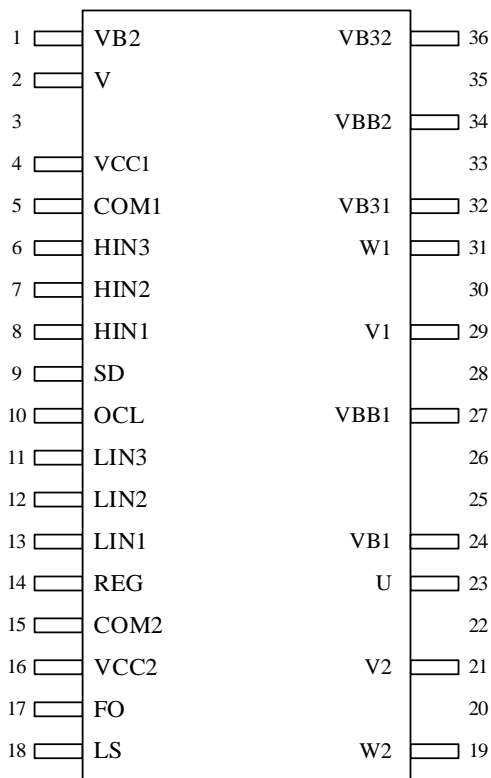


図 6-1 SX68000MH ブロックダイアグラム

7. 各端子機能



端子番号	端子名	機能
1	VB2	V相ハイサイド・フローティング電源入力
2	V	V相ブートストラップコンデンサ接続
3	—	抜きピン
4	VCC1	ハイサイド制御回路電源入力
5	COM1	ハイサイド制御グランド
6	HIN3	W相ハイサイド制御信号入力
7	HIN2	V相ハイサイド制御信号入力
8	HIN1	U相ハイサイド制御信号入力
9	SD	ハイサイドシャットダウン信号入力
10	OCL	過電流制限信号出力
11	LIN3	W相ローサイド制御信号入力
12	LIN2	V相ローサイド制御信号入力
13	LIN1	U相ローサイド制御信号入力
14	REG	レギュレータ出力
15	COM2	ローサイド制御グランド
16	VCC2	ローサイド制御回路電源入力
17	FO	エラー出力、シャットダウン信号入力
18	LS	パワーMOSFET ソース
19	W2	W相出力 (W1と外部ショート)
20	—	抜きピン
21	V2	V相出力 (V1と外部ショート)
22	—	抜きピン
23	U	U相出力
24	VB1	U相ハイサイド・フローティング電源入力
25	—	抜きピン
26	—	抜きピン
27	VBB1	DC(+)電源入力 (VBB2と外部ショート)
28	—	抜きピン
29	V1	V相出力 (V2と外部ショート)
30	—	抜きピン
31	W1	W相出力 (W2と外部ショート)
32	VB31	W相ハイサイド・フローティング電源入力
33	—	抜きピン
34	VBB2	DC(+)電源入力 (VBB1と外部ショート)
35	—	抜きピン
36	VB32	W相ハイサイド・フローティング電源入力

8. 応用回路例

各端子にサージが印加されると、IC の誤動作の原因になったり、サージ電圧が絶対最大定格を超えると IC の破壊の原因になったりします。そのため、必要に応じて CR フィルタ回路やツェナーダイオードなどを各端子に追加し、問題がないか実働で確認をしてください。

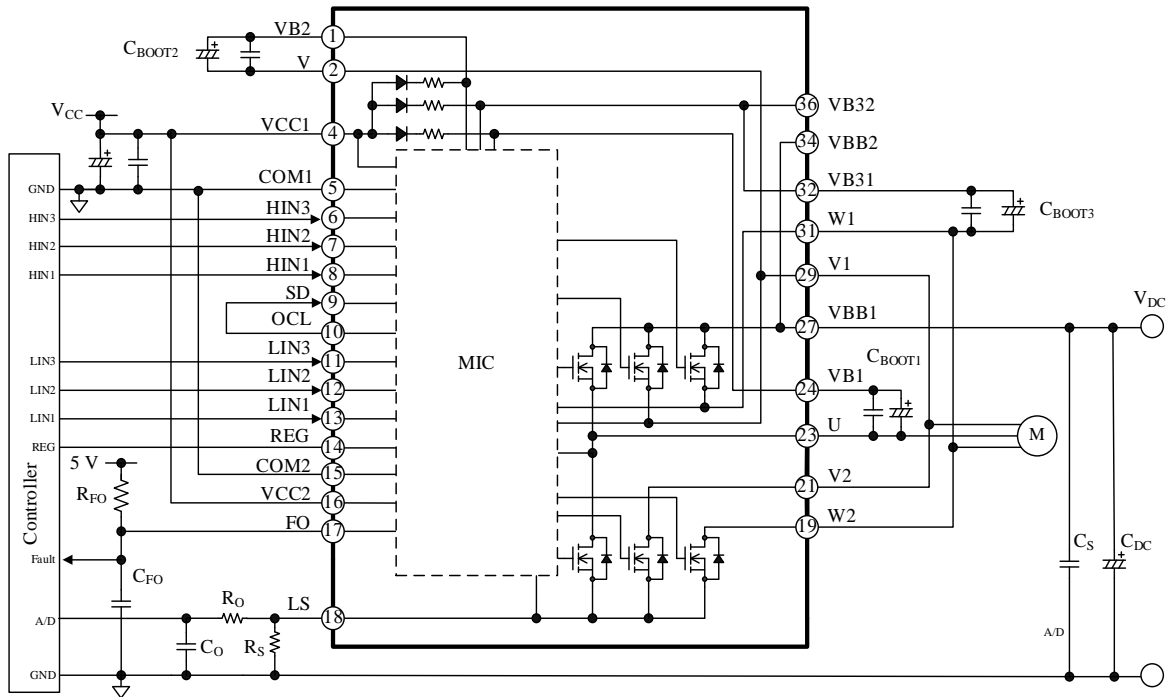
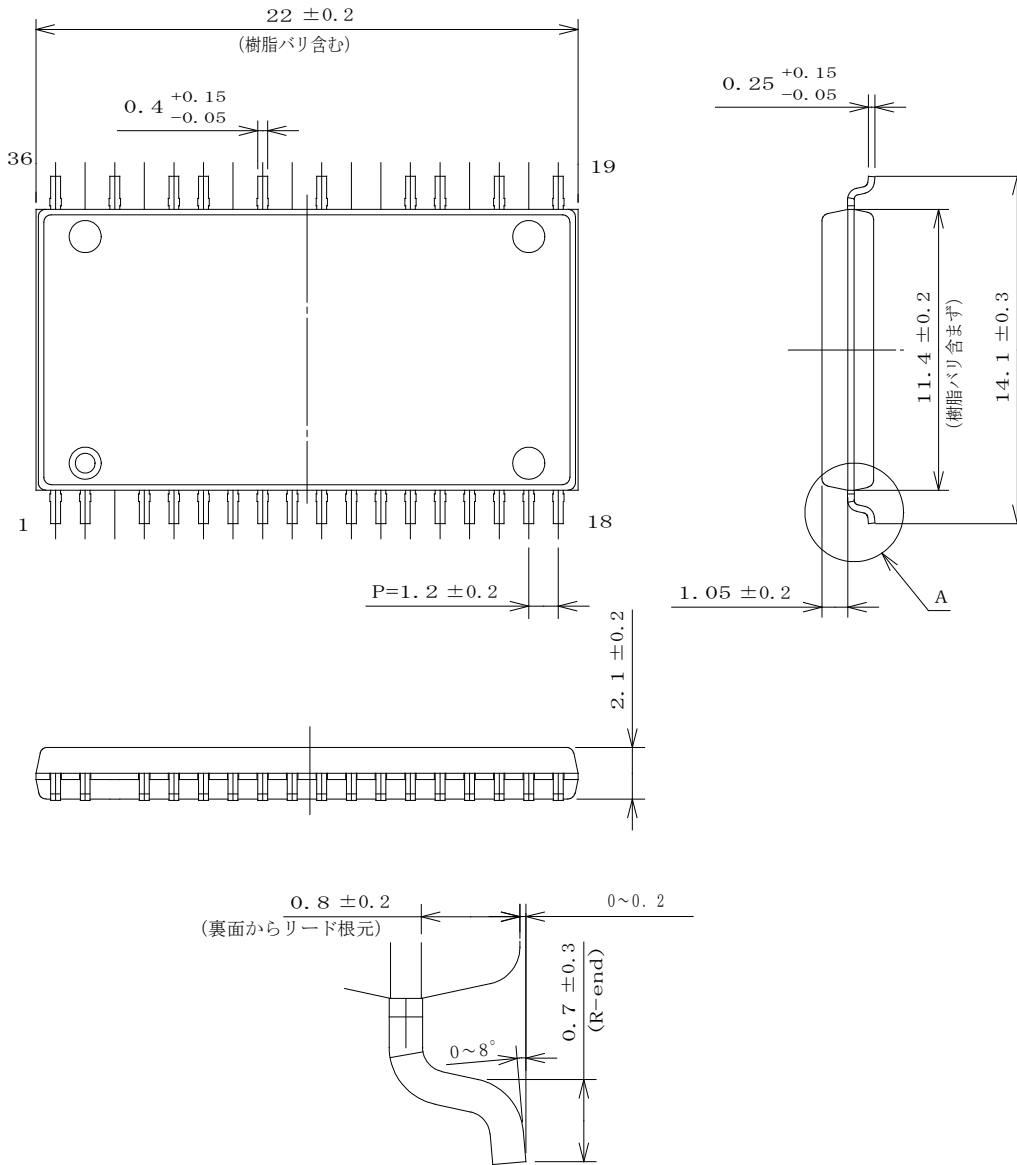


図 8-1 SX68000MH 応用回路例

# SX68000MH シリーズ

## 9. 外形図

### ● SOP36 パッケージ



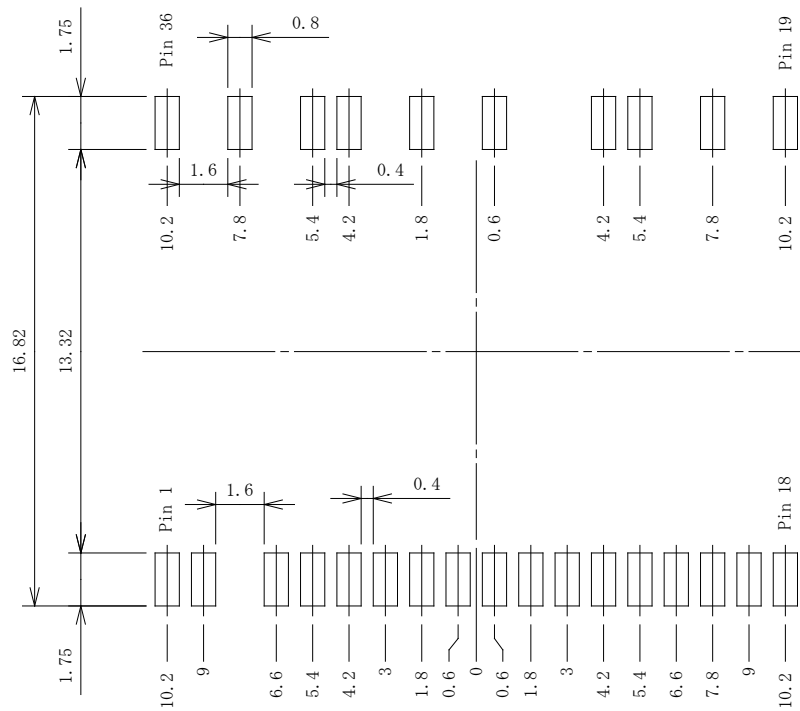
A部拡大図 (S=20/1)

### 備考:

- 単位: mm
- 端子部 Pb フリー (RoHS 対応)
- リフロー (MSL3) : 予備加熱  $180^\circ\text{C}/90 \pm 30 \text{ s}$   
加熱処理  $250^\circ\text{C}/10 \pm 1 \text{ s}$  ( $260^\circ\text{C}$  ピーク、2回)

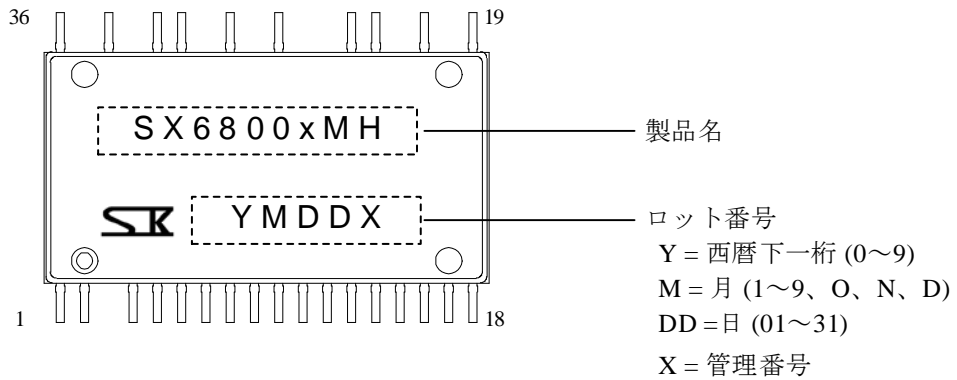
# SX6800MH シリーズ

## ● フットパターン例



単位：mm

## 10. 捺印仕様



## 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、VBBx、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、V1、V2、W1、W2 端子

U、V、V1、V2、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。V1 端子と V2 端子、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 (V1)、W1 端子は、それぞれ VB1、VB2、VB31 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。V 端子と V1 端子は、IC 内部で接続されています。

出力端子 (U、V、V1、V2、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 VB1、VB2、VB31、VB32 端子

VB1、VB2、VB31、VB32 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。

VB31 端子と VB32 端子は IC 内部で接続されているので、どちらか一方を使用します。

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、VB31 端子または VB32 端子と W1 端子の間にそれぞれ接続します。

起動時は、ローサイドのパワー素子をオンして  $C_{BOOTx}$  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。

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

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

ここで、

$t_{L(OFF)}$ : ローサイドパワー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 11-1 のように SX68000MH シリーズは、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  $\tau$  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

$R_{BOOTx}$ :  $60 \Omega \pm 20 \%$



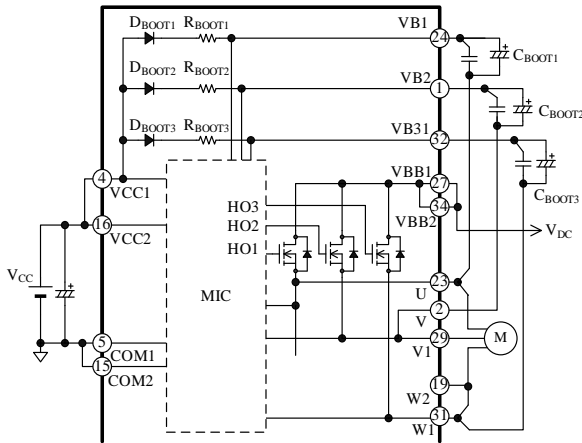


図 11-1 ブートストラップ回路

図 11-2 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  $HO_x$  は  $HIN_x$  端子の入力信号に応じて生成されます。 $HIN_x$  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 ( $HO_x$ ) が出力されます。

図 11-3 のようにノイズなどの影響で  $VB_x$  端子と出力端子 (U, V/V1, W1) 間 (以下、 $VB_x-HS_x$  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  $LIN_x$  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、 $VB_x$  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  $VB_x-HS_x$  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。

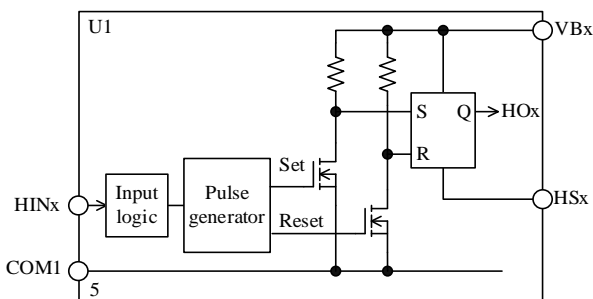


図 11-2 レベルシフト部回路図

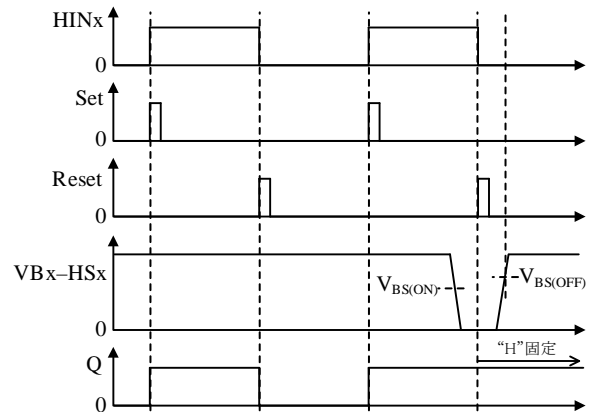


図 11-3  $VB_x$  端子と出力端子間の電圧低下による誤動作波形

### 11.2.3 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  $VCC_x$  端子と  $COM_x$  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。

$VCC_x$  端子と  $COM_x$  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。

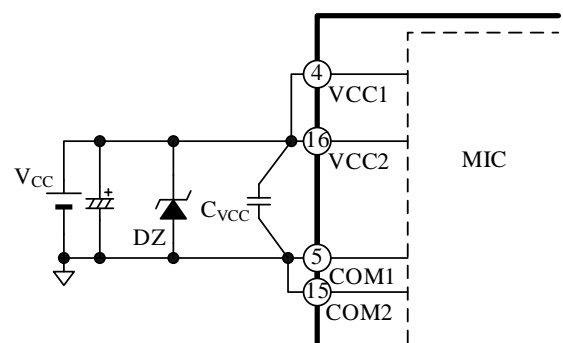


図 11-4  $VCC_x$  端子周辺回路

### 11.2.4 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

## SX6800MH シリーズ

なるため、制御グラウンドの配線はパワーグラウンドと分けて、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 11-5 参照）。

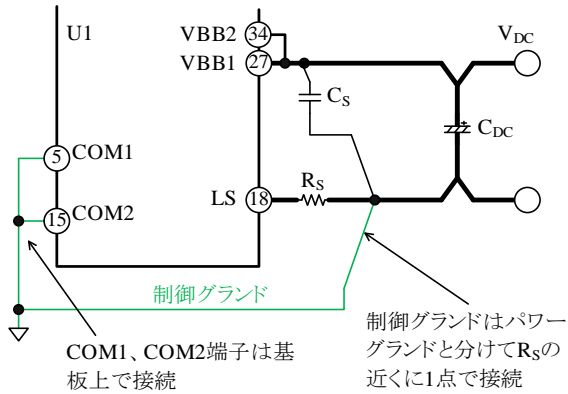


図 11-5 制御グラウンドの配線

### 11.2.5 REG 端子

7.5 V レギュレータ出力です。ホール IC などの外部ロジック IC の電源に使用できます。最大出力電流は 35 mA です。REG 端子の出力を安定させるため、0.1  $\mu$ F 程度のコンデンサを接続します。

### 11.2.6 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<sub>x</sub> 端子はハイサイドの制御信号入力、LIN<sub>x</sub> 端子はローサイドの制御信号入力です。

HIN<sub>x</sub> 端子と LIN<sub>x</sub> 端子は、図 11-6 に示すように 20 k $\Omega$  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<sub>x</sub> 端子と COM<sub>x</sub> 端子間、LIN<sub>x</sub> 端子と COM<sub>x</sub> 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<sub>x</sub> と LIN<sub>x</sub> 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。

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<sub>x</sub>、LIN<sub>x</sub> 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 11-7 のように入力フィルタやプルダウン抵抗を HIN<sub>x</sub>、LIN<sub>x</sub> 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。

$R_{IN1x}$  : 33  $\Omega$  ~ 100  $\Omega$

$R_{IN2x}$  : 1 k $\Omega$  ~ 10 k $\Omega$

$C_{INx}$  : 100 pF ~ 1000 pF

$R_{IN1x}$ 、 $R_{IN2x}$  を接続すると、HIN<sub>x</sub>、LIN<sub>x</sub> 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。

表 11-1 HIN<sub>x</sub>、LIN<sub>x</sub> 端子入力信号

項目	“H”レベル信号	“L”レベル信号
入力電圧	$3\text{ V} < V_{IN} < 5.5\text{ V}$	$0\text{ V} < V_{IN} < 0.5\text{ V}$
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	$\geq 1.5\ \mu\text{s}$	

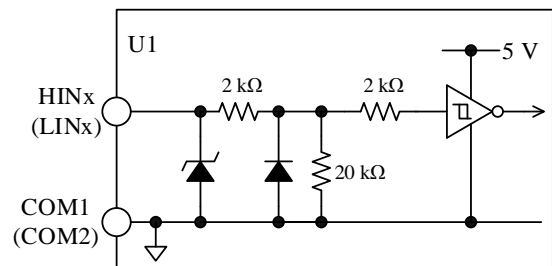


図 11-6 HIN<sub>x</sub> 端子、LIN<sub>x</sub> 端子の内部回路図

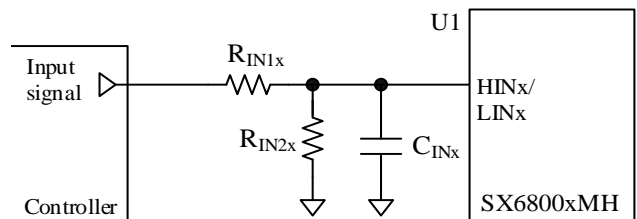


図 11-7 HIN<sub>x</sub> 端子、LIN<sub>x</sub> 端子のフィルタ回路

### 11.2.7 VBB1、VBB2 端子

VBB1、VBB2 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<sub>x</sub> 端子と COM2 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。

VBB1 端子と VBB2 端子は、基板のパターンで

## SX6800MH シリーズ

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

### 11.2.8 LS 端子

LS 端子は、IC 内部で各相のパワー MOSFET ソース端子と、過電流検出回路に接続されています。LS 端子には、電流検出用のシャント抵抗  $R_S$  を接続します。

過電流保護機能 (OCP) の詳細は、11.3.5 項を参照してください。

$R_S$  は IC のできるだけ近くに配置し、LS 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 LS 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。

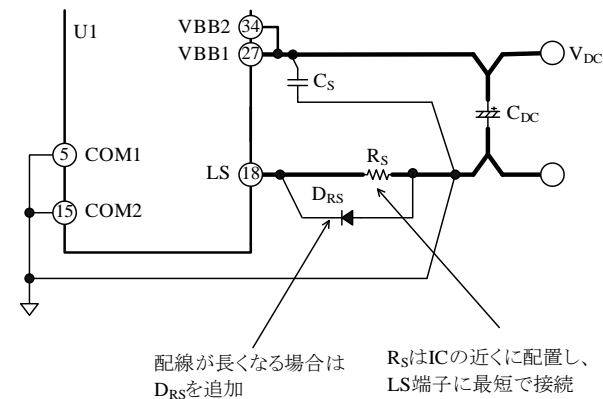


図 11-8 LS 端子周りの配線

### 11.2.9 OCL 端子

OCL 端子は、出力素子に流れる電流の過電流検出信号を出力する端子です。OCL 端子は、定常時は“L”です。OCL 端子の信号を SD 端子に入力すると、過電流制限機能 (OCL) と過電流保護機能 (OCP) が動作した際に、ハイサイドの出力素子をターンオフできます。

### 11.2.10 SD 端子

SD 端子に 5 V もしくは 3.3 V の信号を入力すると、HINx 端子の信号とは関係なく、ハイサイドの出力素子をターンオフします。SD 端子の内部には

3.3  $\mu\text{s}$  (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。

SD 端子と OCL 端子を接続すると、過電流制限機能と過電流保護機能が動作したときに、ハイサイドの出力素子をターンオフできます。また、FO 端子の反転信号を SD 端子に接続すると、異常動作 (TSD、OCP、UVLO) の検出時にハイサイドとローサイドすべての出力素子をオフできます。

### 11.2.11 FO 端子

エラー出力および、ローサイドシャットダウン信号の入力端子です。機能の詳細は 11.3.1 項と 11.3.2 項を参照してください。図 11-9 に FO 端子の周辺回路と内部回路を示します。

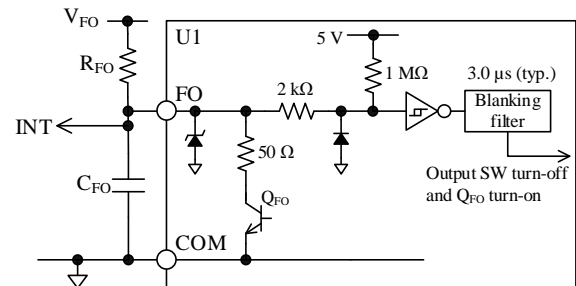


図 11-9 FO 端子の周辺回路と内部回路

FO 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  $R_{FO}$  で外部電源に接続します。外部電源の電圧  $V_{FO}$  は、3.0 V~5.5 V を接続します。

プルアップ抵抗  $R_{FO}$  が小さすぎると  $Q_{FO}$  の電圧降下によりエラー信号出力時の FO 端子電圧が高くなります。 $R_{FO}$  は、3.3 k $\Omega$ ~10 k $\Omega$  を推奨します。

また、ノイズ除去用コンデンサ  $C_{FO}$  は、IC のできるだけ近くに配置し、FO 端子と COMx 端子の間に最短で接続します。

過電流保護機能 (OCP) が動作した場合、繰り返しの OCP 動作を避けるため、マイコンは  $Q_{FO}$  がオンしてから  $t_p = 20 \mu\text{s}$  (温度特性を含む最小値) 以内に IC の入力信号を停止する必要があります (詳細は 11.3.5 項参照)。 $C_{FO}$  の値は 0.001  $\mu\text{F}$ ~0.01  $\mu\text{F}$  を推奨します。

## 11.3 保護機能

SX6800MH シリーズは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。UVLO、OCP、TSD 動作時は、FO 端子

からエラー信号を出力し、マイコンから全相の動作を停止できます。また、マイコンからシャットダウン信号を FO 端子に入力することもできます。

以降の説明で使用する HO<sub>x</sub> はハイサイドスイッチのゲート入力、LO<sub>x</sub> はローサイドスイッチのゲート入力です。VB<sub>x</sub>-HS<sub>x</sub> は VB<sub>x</sub> 端子と出力端子間 (U、V/V1、W1) の電圧です。

### 11.3.1 エラー出力

以下の保護機能が動作すると、FO 端子に接続している内部のトランジスタ (Q<sub>FO</sub>) がオンし、FO 端子は“L”状態 (≤0.5 V) になります。

- ローサイド電源電圧低下保護機能 (UVLO\_VCC)
- 過電流保護機能 (OCP)
- サーマルシャットダウン (TSD)

FO 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。定常動作時の FO 端子は“H”状態で、約 5 V を出力します。OCP 動作時の FO 端子のエラー出力時間は、IC 内部で t<sub>p</sub> = 25 μs (typ.) に固定されています (11.3.5 項参照)。エラー信号は、マイコンの割り込みポート (INT) に入力し、t<sub>p</sub> 以内に IC への入力信号を停止するなどの処理をします。

### 11.3.2 シャットダウン信号入力

FO 端子には、シャットダウン信号を入力できます。FO 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 <sub>IN</sub> < 5.5 V	0 V < V <sub>IN</sub> < 0.5 V
入力パルス幅	—	≥6 μs

### 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 はハイサイドとローサイドそれぞれに搭載しています。

#### 11.3.3.1. ハイサイド (UVLO\_VB)

図 11-10 にハイサイドの電源電圧低下保護機能 (UVLO\_VB) 動作時の波形を示します。

VB<sub>x</sub>-HS<sub>x</sub> 間電圧が制御動作停止電圧 V<sub>BS(OFF)</sub> = 10.0 V 以下になると UVLO\_VB が動作し、HO<sub>x</sub> を“L”にします。VB<sub>x</sub>-HS<sub>x</sub> 間電圧が上昇し、制御動作開始電圧 V<sub>BS(ON)</sub> = 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 HO<sub>x</sub> を“H”にします。UVLO\_VB 動作期間は、エラー信号が FO 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、VB<sub>x</sub> 端子には約 3 μs の UVLO\_VB フィルタを搭載しています。

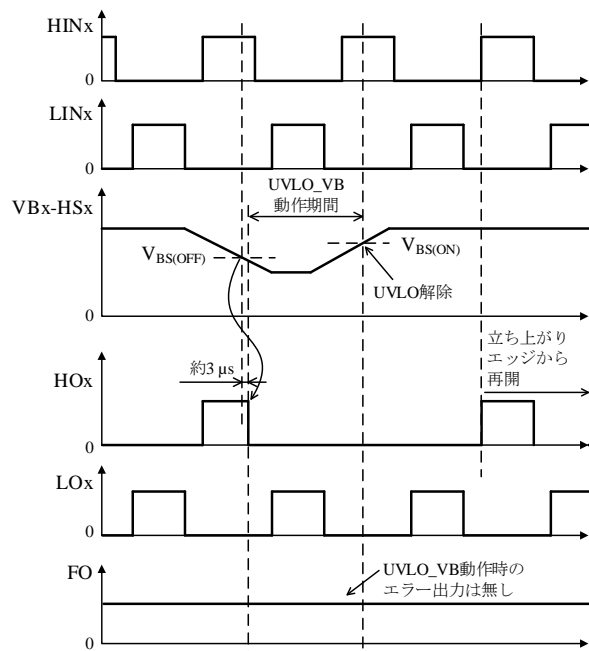


図 11-10 UVLO\_VB 動作波形

11.3.3.2. ローサイド (UVLO\_VCC)

図 11-11 にローサイドの電源電圧低下保護機能 (UVLO\_VCC) 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\_VCC が動作し、HOx、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\_VCC を解除します。UVLO\_VCC が解除されると、LOx は LINx の入力信号に従って出力、HOx は次の立ち上がりエッジから HINx の入力信号に従って出力します。UVLO\_VCC 動作期間は FO 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 端子には約  $3\text{ }\mu\text{s}$  の UVLO\_VCC フィルタを搭載しています。

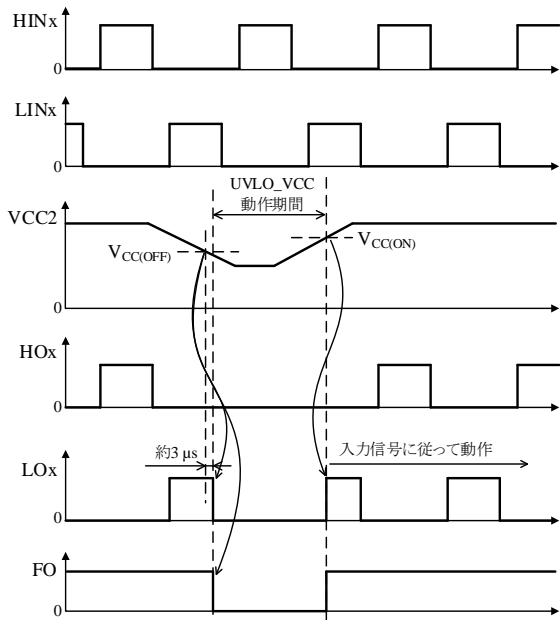


図 11-11 UVLO\_VCC 動作波形

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。

図 11-12 に OCL 端子の内部回路、図 11-13 には、OCL 動作時の各端子の波形を示します。

LS 端子電圧が、電流リミッタ基準電圧  $V_{LIM} = 0.6500\text{ V}$  以上の状態を、過電流保護ブランピング時間  $t_{BK(OCP)} = 2\text{ }\mu\text{s}$  以上継続すると、OCL が動作し、OCL 端子の出力が“L”から“H”になります。

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。

OCL 端子を基板上で SD 端子に接続すると、OCL 動作時にハイサイドの出力素子をオフにできません。SD 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。

LS 端子電圧が、 $V_{LIM} = 0.6500\text{ V}$  未満になると、OCL 端子の出力信号は“L”になります。

ハイサイドの出力素子は、OCL 端子が“L”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)。

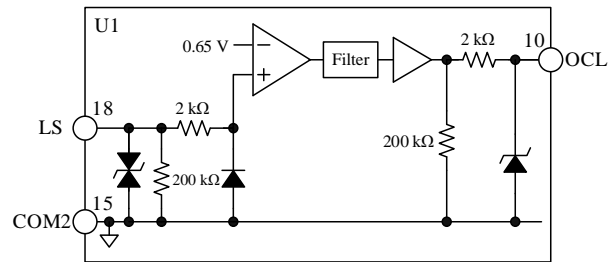


図 11-12 OCL 端子の内部回路図

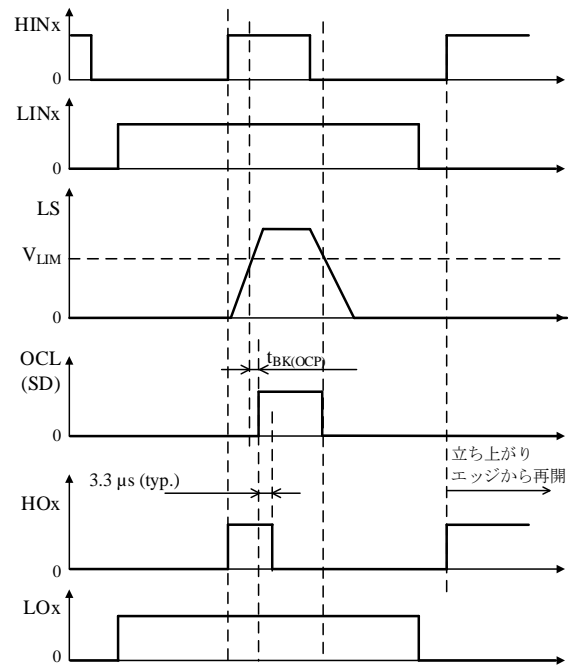


図 11-13 OCL 動作波形 (OCL 端子を SD 端子に接続した場合)



### 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 11-14 に、LS 端子の周辺回路図と内部回路図を示します。図 11-14 のように、シャント抵抗  $R_S$  の電圧を LS 端子に接続されている過電流検出回路で検出します。LS 端子は内部でプルダウンしており、 $R_S$  に電流が流れると、電流に比例して LS 端子電圧が上昇します。

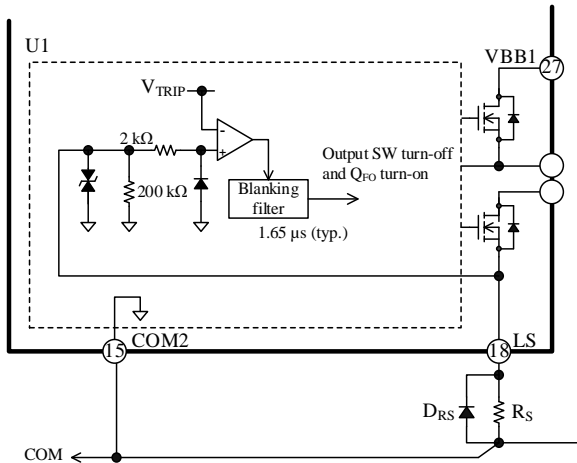


図 11-14 LS 端子の周辺回路と内部回路図

図 11-15 に OCP の動作波形を示します。過大電流が流れて LS 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  $t_{BK} = 2\text{ }\mu\text{s}$  以上継続すると、OCP が動作します。OCP が動作すると、ローサイドの出力素子をオフして FO 端子を“L”にします。

出力素子をオフにすると出力の電流は低下します。LS 端子電圧が  $V_{TRIP}$  未満に低下しても、IC は FO 端子の出力を一定時間 (過電流保護保持時間  $t_p = 25\text{ }\mu\text{s}$ )、 “L”に保持します。その後、入力信号に従って動作します。

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、エラー信号検出時は、すぐにマイコンでモータの運転を停止する設定にしてください。その後、IC の動作を再開させる場合は、動作停止から少なくとも 2 秒以上経過してから、再開させてください。

シャント抵抗は、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)
- LS 端子の入力電圧が絶対最大定格の LS 端子電圧  $V_{LS}$  の範囲内 (1 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/V1/V2 端子、W1/W2 端子やその配線がグラウンドと短絡 (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。

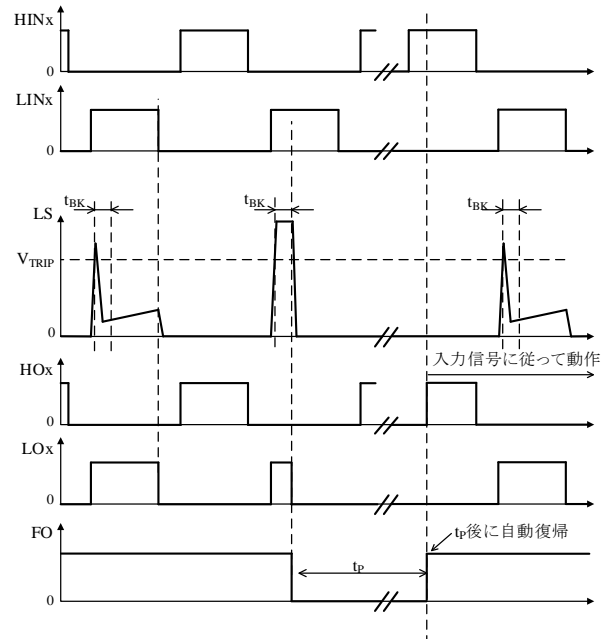


図 11-15 OCP 動作波形

### 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 11-16 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、ローサイドの出力素子をオフにします。

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  $T_{DH} = 150\text{ }^\circ\text{C}$  (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  $T_{DL} = 120\text{ }^\circ\text{C}$  (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。TSD 動作期間は FO 端子出力が “L” になり、エラー信号を出力します。ただし、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、過熱破壊防止用として TSD 機能を使用しないでください。

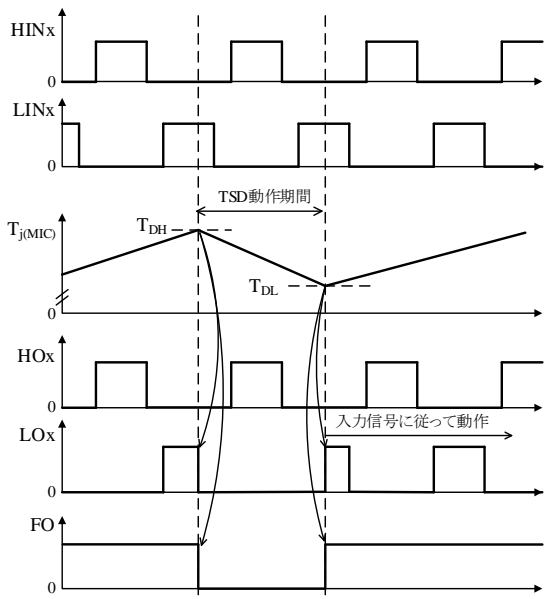


図 11-16 TSD 動作波形

## 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、グラウ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。

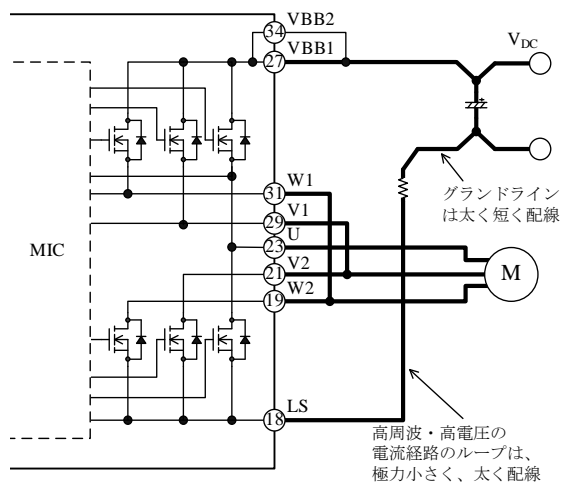


図 12-1 高周波かつ高電圧の電流経路

### 12.2 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エミッタ（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素子（ドレイン）は IC 内部で VBBx 端子に接続
- U 相のハイサイド素子（ソース）とローサイド素子（ドレイン）は IC 内部で接続され、U 端子に接続（V 相と W 相のハイサイドとローサイドの素子は、IC 内部で接続されていません。）

また、ハイサイド素子のゲートは出力端子（U、V/V1、W1）に、ローサイド素子のゲートは 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 LS 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 相ハイサイド素子(Q<sub>UH</sub>)、図 12-3 に U 相ローサイド素子(Q<sub>UL</sub>)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。ローサイド素子を測定する場合は、測定する LS 端子だけを COMx 端子に接続し、それ以外はオープンにします。

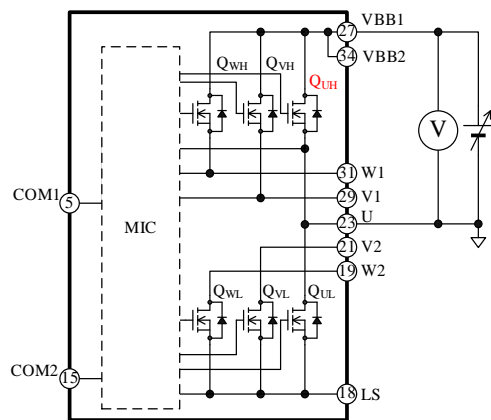


図 12-2 U 相ハイサイド素子(Q<sub>UH</sub>)耐圧測定回路

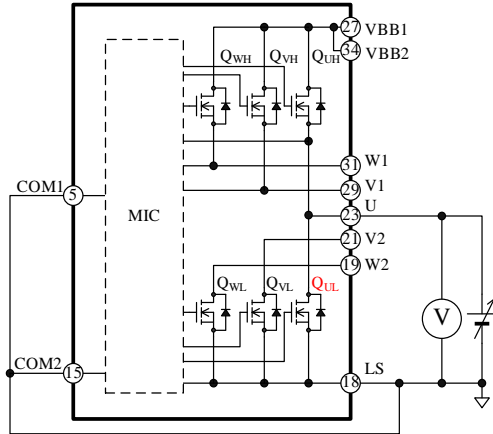


図 12-3 U 相ローサイド素子(Q<sub>UL</sub>)耐圧測定回路

### 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（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 SX68000MH 損失計算ツール  
[http://www.semicon.sanken-ele.co.jp/calc-tool/mosfet\\_caltool\\_jp.html](http://www.semicon.sanken-ele.co.jp/calc-tool/mosfet_caltool_jp.html)

#### 13.1 パワーMOSFET の場合

パワーMOSFET の損失は、定常損失  $P_{RON}$ 、スイッチング損失  $P_{SW}$  とボディー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。

##### 13.1.1 パワーMOSFET の定常損失 $P_{RON}$

パワーMOSFET の定常損失  $P_{RON}$  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。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。

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

$$= 2\sqrt{2}\alpha \left( \frac{1}{3\pi} + \frac{3}{32} M \times \cos\theta \right) I_M^3 + 2\beta \left( \frac{1}{8} + \frac{1}{3\pi} M \times \cos\theta \right) I_M^2 \quad (4)$$

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( $\Omega$ )

$DT$  : 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)

$\alpha$  :  $R_{DS(ON)} - I_D$  特性の 1 次近似式の傾き

$\beta$  :  $R_{DS(ON)} - I_D$  特性の 1 次近似式の切片

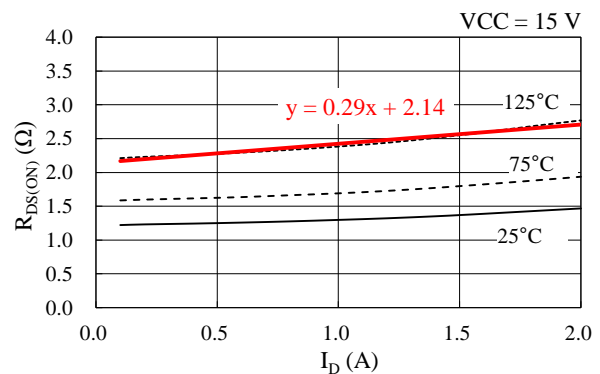


図 13-1  $R_{DS(ON)} - I_D$  特性の 1 次近似式



### 13.1.2 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。

● SX68001MH

$$P_{SW} = \frac{\sqrt{2}}{\pi} \times f_C \times \alpha_E \times I_M \times \frac{V_{DC}}{150} \quad (5)$$

● SX68003MH

$$P_{SW} = \frac{\sqrt{2}}{\pi} \times f_C \times \alpha_E \times I_M \times \frac{V_{DC}}{300} \quad (6)$$

ここで、

$f_C$  : PWM キャリア周波数(Hz)

$V_{DC}$  : 主電源電圧(V)

(VBBx 端子入力電圧)

$\alpha_E$  : スwitching損失グラフの傾き

(14.3.2 項スitching損失グラフ参照)

### 13.1.3 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 ( $V_{SD} = \alpha \times I_{SD} + \beta$ ) を算出します。

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。

$$P_{SD} = \frac{1}{2\pi} \int_0^\pi V_{SD}(\varphi) \times I_{SD}(\varphi) \times (1 - DT) \times d\varphi$$

$$= \frac{1}{2} \alpha \left( \frac{1}{2} - \frac{4}{3\pi} M \times \cos \theta \right) I_M^2 + \frac{\sqrt{2}}{\pi} \beta \left( \frac{1}{2} - \frac{\pi}{8} M \times \cos \theta \right) I_M \quad (7)$$

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)

$\cos \theta$  : モータ力率(0~1)

$I_M$  : モータ電流実効値(A)

$\alpha$  :  $V_{SD} - I_{SD}$  特性の 1 次近似式の傾き

$\beta$  :  $V_{SD} - I_{SD}$  特性の 1 次近似式の切片

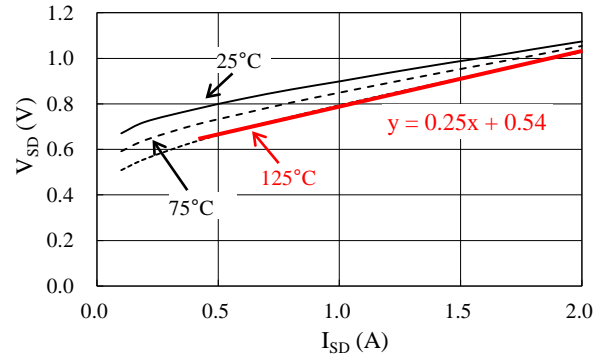


図 13-2  $V_{SD} - I_{SD}$  特性の 1 次近似式

### 13.1.4 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。

$$T_J = R_{J-C} \times \{(P_{RON} + P_{SW} + P_{SD}) \times 6\} + T_C \quad (8)$$

$R_{J-C}$  : 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. 代表特性グラフ

14.1 過渡熱抵抗グラフ

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。

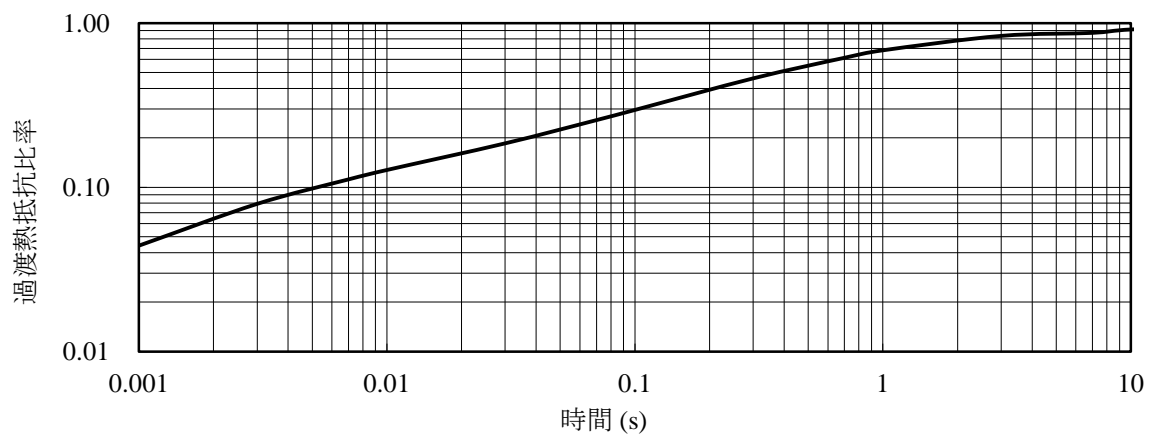


図 14-1 SX68001MH 過渡熱抵抗比率

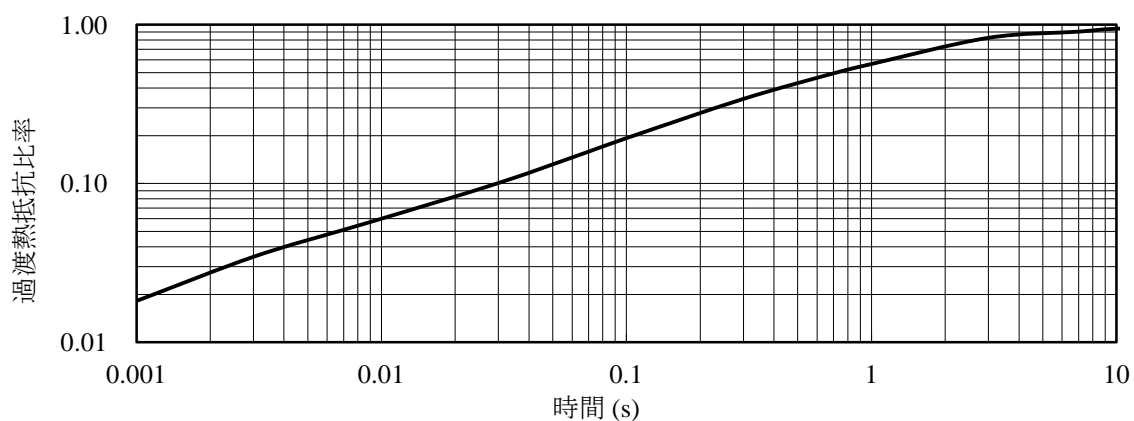


図 14-2 SX68003MH 過渡熱抵抗比率

14.2 制御部代表特性グラフ

図 14-3～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<sub>J</sub>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 14-3	制御電源電流 I <sub>CC</sub> 温度特性 (I <sub>Nx</sub> = 0 V)
図 14-4	制御電源電流 I <sub>CC</sub> 温度特性 (I <sub>Nx</sub> = 5 V)
図 14-5	VCCx 端子電圧 V <sub>CC</sub> - 制御電源電流 I <sub>CC</sub> 特性
図 14-6	制御電源電流 (1 相) I <sub>BS</sub> 温度特性 (HINx = 0 V)
図 14-7	制御電源電流 (1 相) I <sub>BS</sub> 温度特性 (HINx = 5 V)
図 14-8	VBx 端子電圧 V <sub>B</sub> - 制御電源電流 I <sub>BS</sub> 特性 (HINx = 0 V)
図 14-9	制御動作開始電圧 V <sub>BS(ON)</sub> 温度特性
図 14-10	制御動作停止電圧 V <sub>BS(OFF)</sub> 温度特性
図 14-11	制御動作開始電圧 V <sub>CC(ON)</sub> 温度特性
図 14-12	制御動作停止電圧 V <sub>CC(OFF)</sub> 温度特性
図 14-13	UVLO_VB フィルタ時間温度特性
図 14-14	UVLO_VCC 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 <sub>IH</sub> 温度特性
図 14-16	ローレベル入力しきい電圧 V <sub>IL</sub> 温度特性
図 14-17	HINx 端子、LINx 端子入力電流 I <sub>IN</sub> 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)
図 14-20	ハイサイド最小応答パルス幅 t <sub>HIN(MIN)</sub> 温度特性
図 14-21	ローサイド最小応答パルス幅 t <sub>LIN(MIN)</sub> 温度特性
図 14-22	SD 端子フィルタ時間温度特性
図 14-23	FO 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 <sub>LIM</sub> 温度特性
図 14-25	過電流保護動作電圧 V <sub>TRIP</sub> 温度特性
図 14-26	過電流保護保持時間 t <sub>p</sub> 温度特性
図 14-27	過電流保護ブランキング時間 t <sub>BK(OCP)</sub> 、電流リミッタブランキング時間 t <sub>BK(OCL)</sub> 温度特性
図 14-28	REG 端子電圧 V <sub>REG</sub> 温度特性

# SX68000MH シリーズ

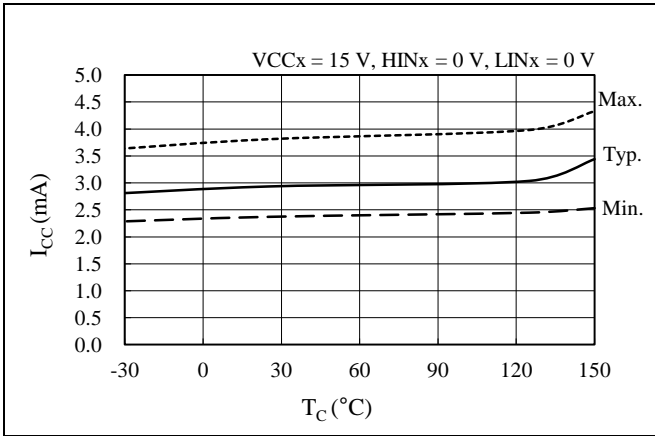


図 14-3 制御電源電流  $I_{CC}$  温度特性 ( $IN_x = 0 V$ )

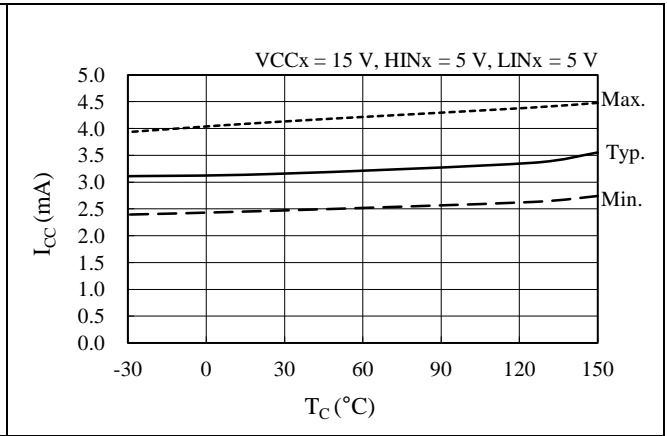


図 14-4 制御電源電流  $I_{CC}$  温度特性 ( $IN_x = 5 V$ )

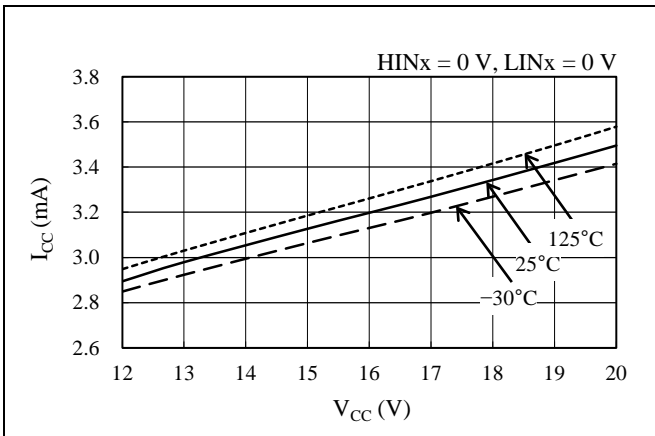


図 14-5 VCCx 端子電圧  $V_{CC}$  - 制御電源電流  $I_{CC}$  特性

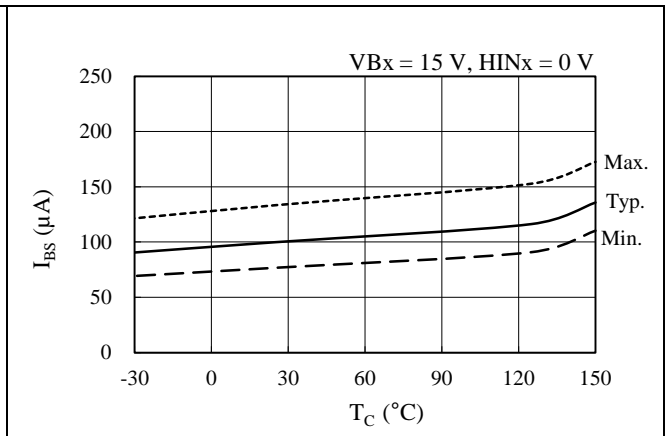


図 14-6 制御電源電流 (1 相)  $I_{BS}$  温度特性 ( $HIN_x = 0 V$ )

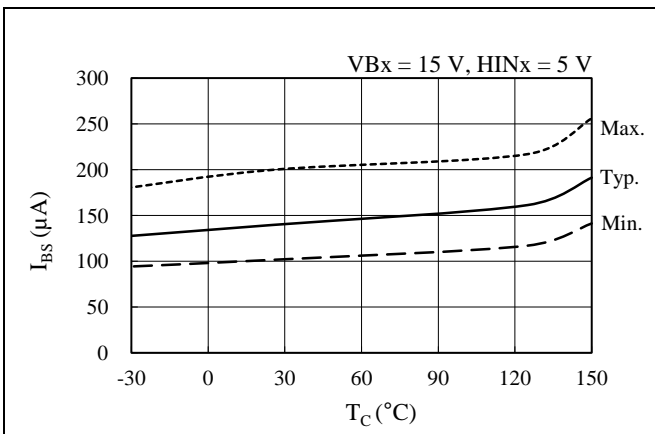


図 14-7 制御電源電流 (1 相)  $I_{BS}$  温度特性 ( $HIN_x = 5 V$ )

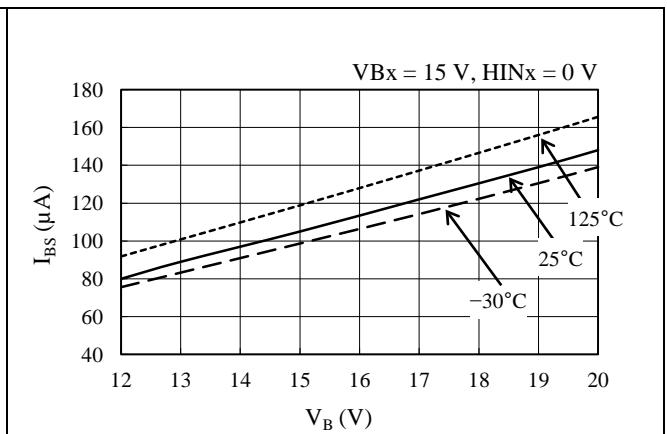


図 14-8 VBx 端子電圧  $V_B$  - 制御電源電流  $I_{BS}$  特性 ( $HIN_x = 0 V$ )

# SX68000MH シリーズ

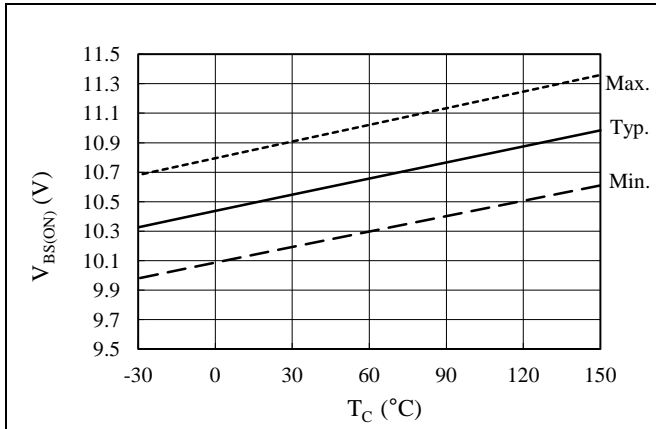


図 14-9 制御動作開始電圧  $V_{BS(ON)}$  温度特性

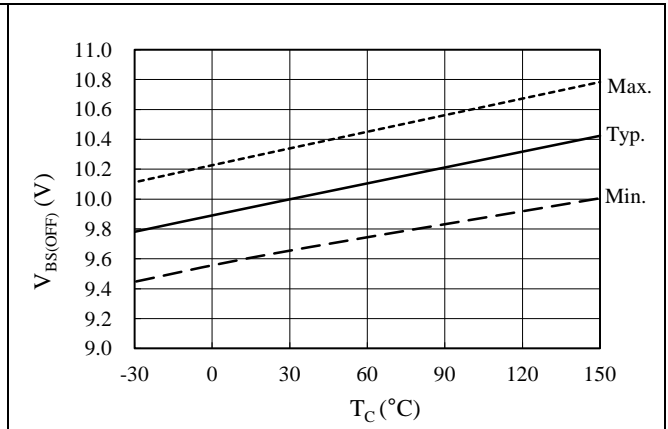


図 14-10 制御動作停止電圧  $V_{BS(OFF)}$  温度特性

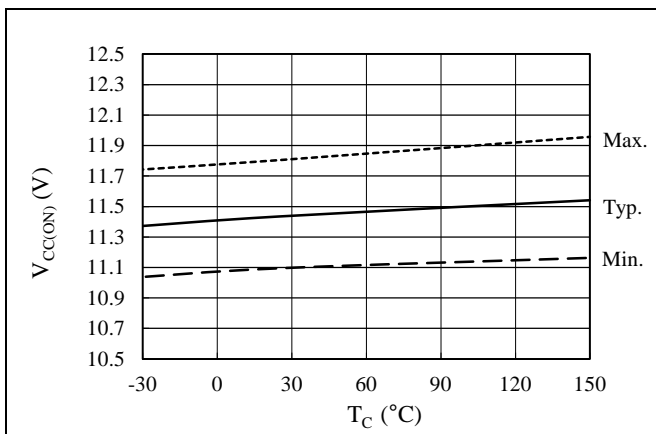


図 14-11 制御動作開始電圧  $V_{CC(ON)}$  温度特性

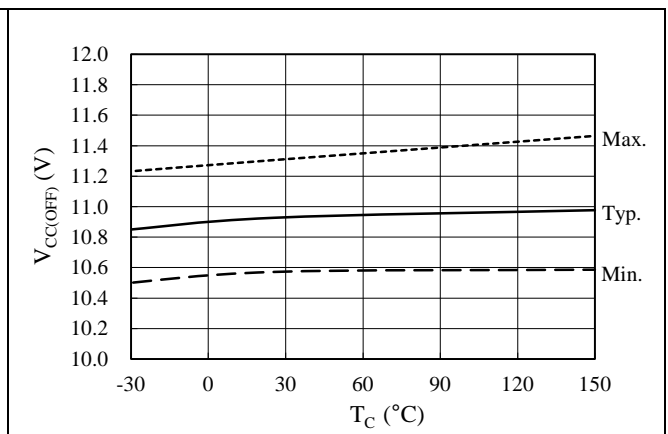


図 14-12 制御動作停止電圧  $V_{CC(OFF)}$  温度特性

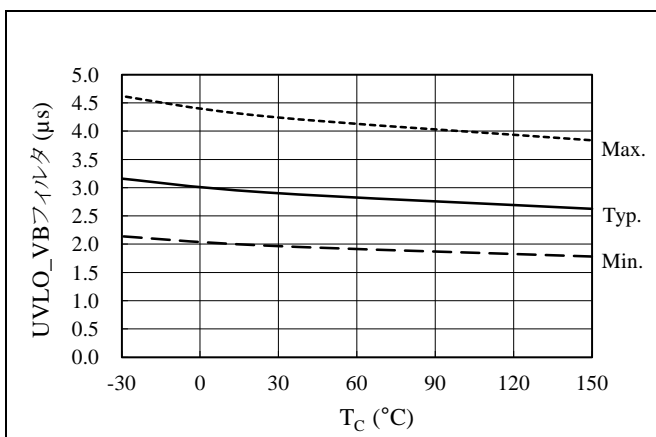


図 14-13 UVLO\_VB フィルタ時間温度特性

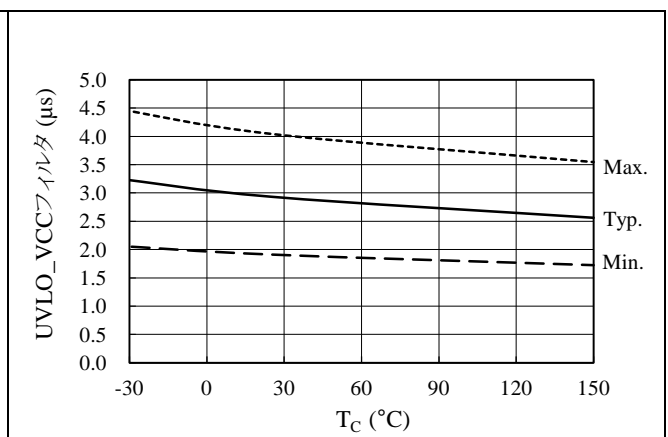


図 14-14 UVLO\_VCC フィルタ時間温度特性

# SX68000MH シリーズ

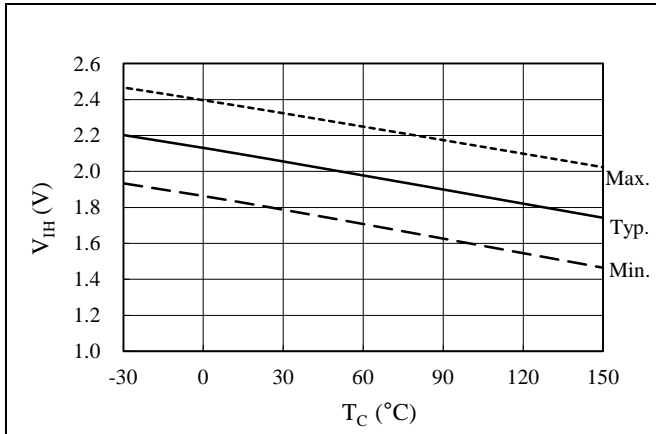


図 14-15 ハイレベル入力しきい電圧  $V_{IH}$  温度特性

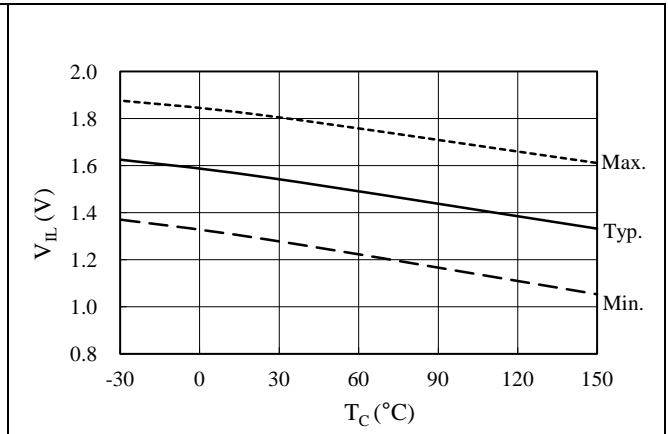


図 14-16 ローレベル入力しきい電圧  $V_{IL}$  温度特性

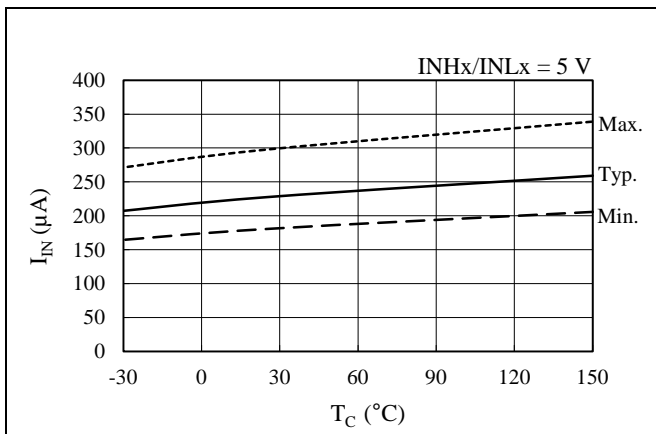


図 14-17  $HINx$  端子、 $LINx$  端子入力電流  $I_{IN}$  温度特性

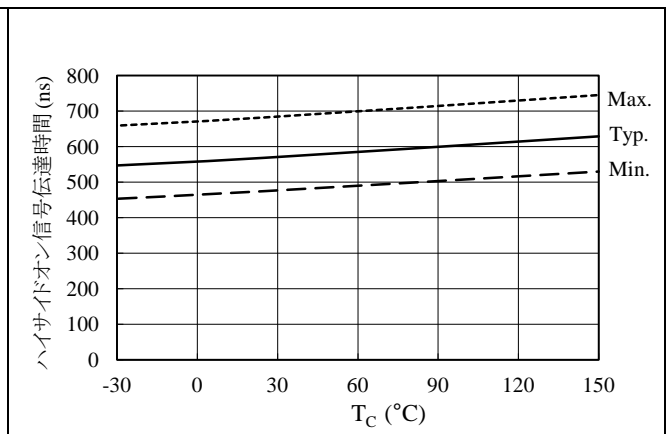


図 14-18 ハイサイド オン信号伝達時間温度特性 ( $HINx$  から  $HOx$  まで)

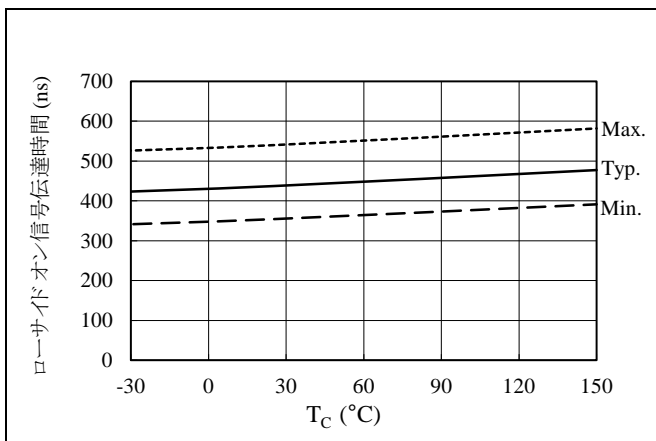


図 14-19 ローサイド オン信号伝達時間温度特性 ( $LINx$  から  $LOx$  まで)

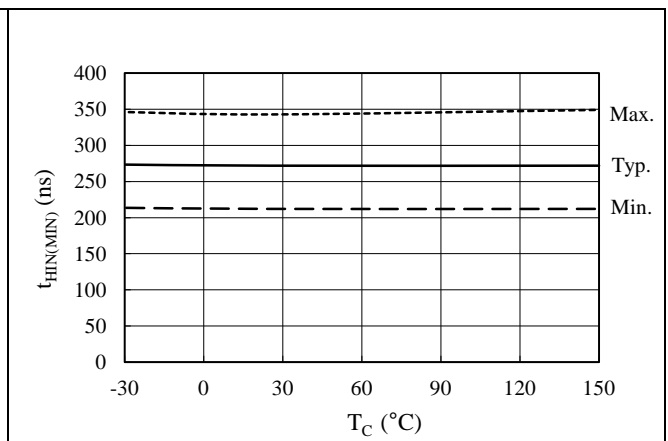


図 14-20 ハイサイド最小応答パルス幅  $t_{HIN(MIN)}$  温度特性

# SX6800MH シリーズ

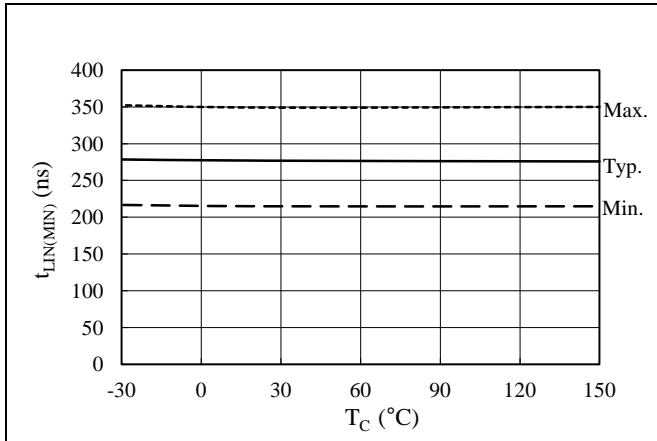


図 14-21 ローサイド最小応答パルス幅  $t_{LIN(MIN)}$  温度特性

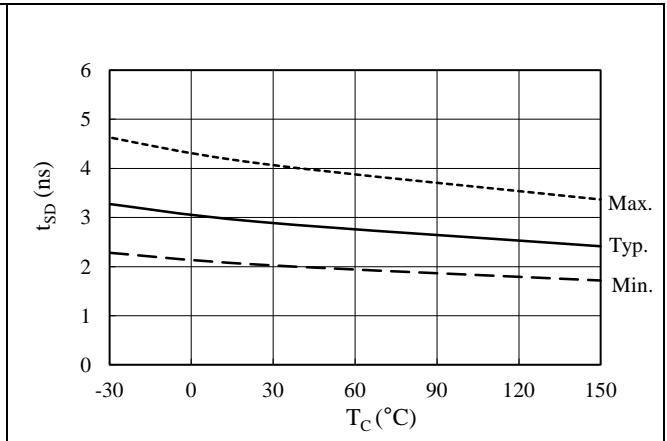


図 14-22 SD 端子フィルタ時間温度特性

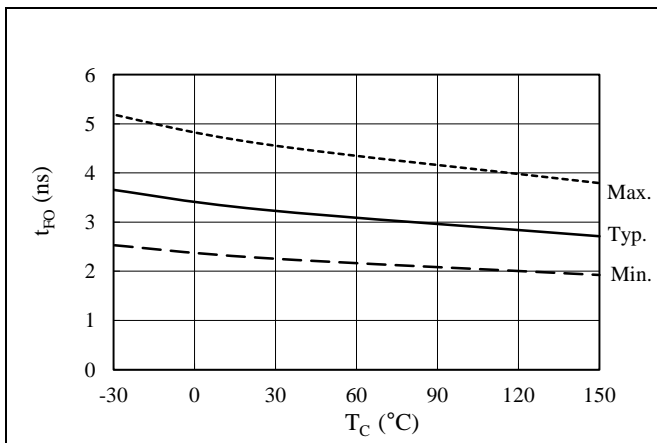


図 14-23 FO 端子フィルタ時間温度特性

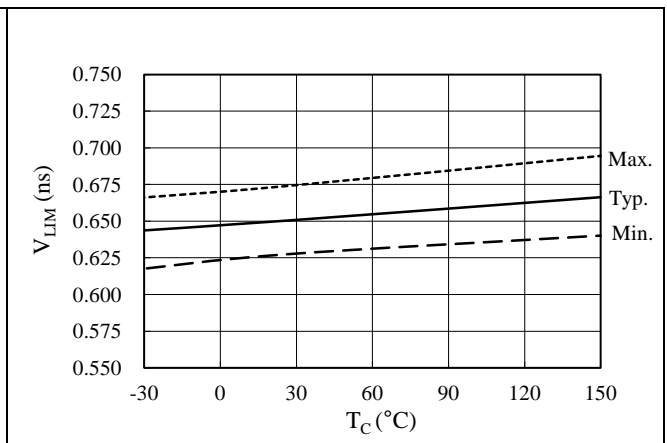


図 14-24 電流リミッタ基準電圧  $V_{LIM}$  温度特性

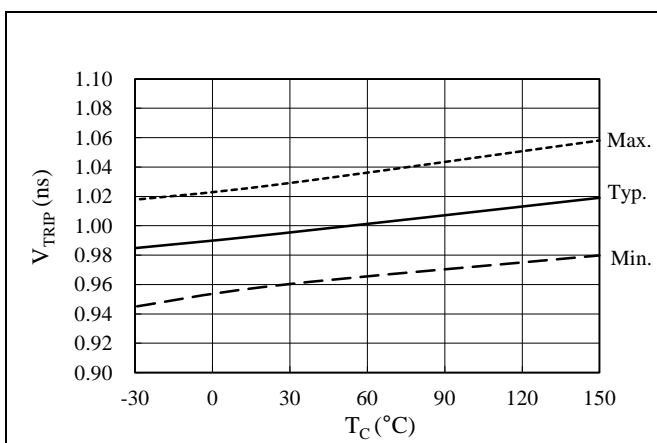


図 14-25 過電流保護動作電圧  $V_{TRIP}$  温度特性

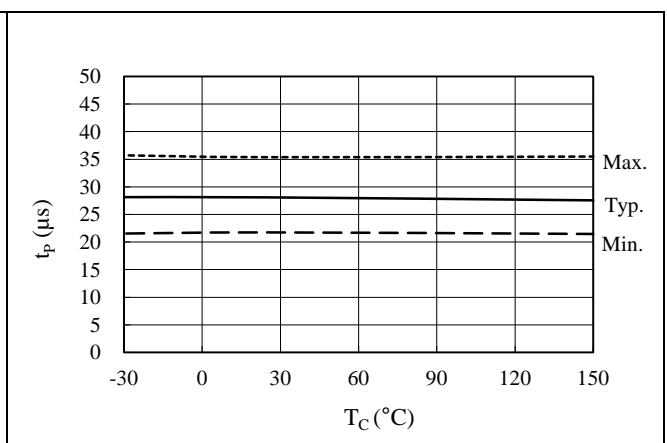


図 14-26 過電流保護保持時間  $t_p$  温度特性

## SX68000MH シリーズ

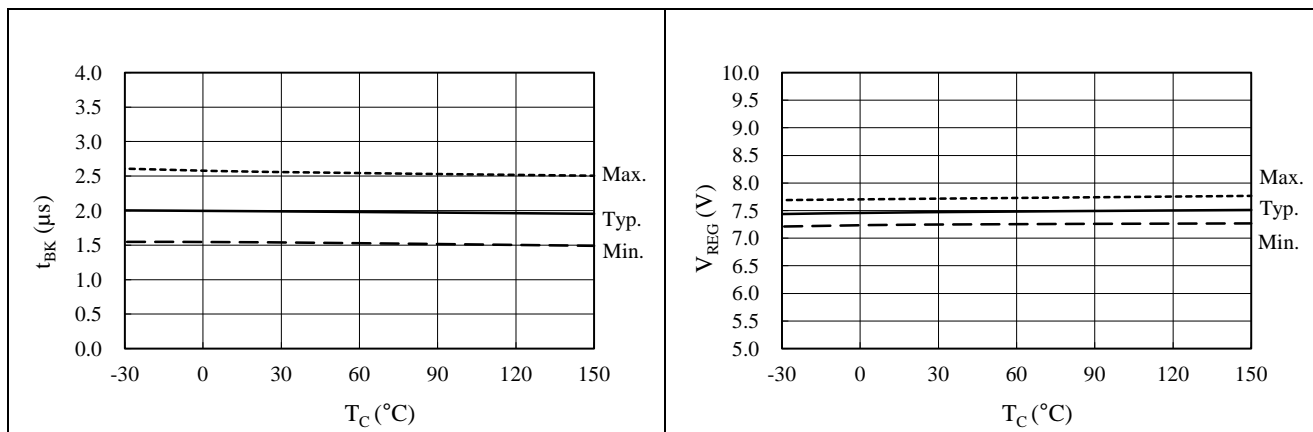


図 14-27 過電流保護ブランキング時間  $t_{BK(OCP)}$ 、  
電流リミッタブランキング時間  $t_{BK(OCL)}$  温度特性

図 14-28 REG 端子電圧  $V_{REG}$  温度特性



# SX68000MH シリーズ

## 14.3 出力特性グラフ

### 14.3.1 出力素子特性グラフ

#### 14.3.1.1. SX68001MH

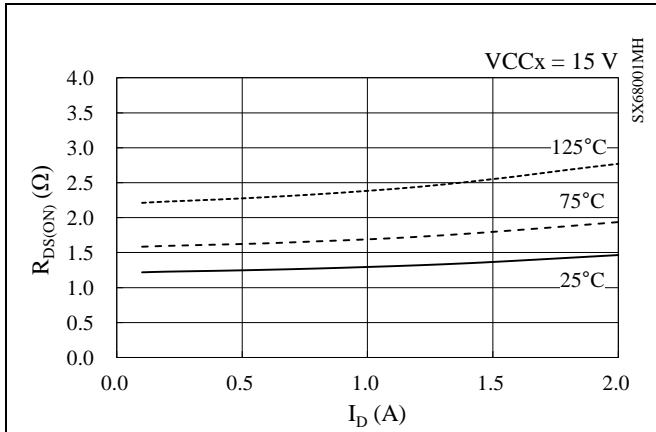


図 14-29 パワーMOSFET  $R_{DS(ON)}$  -  $I_D$  特性

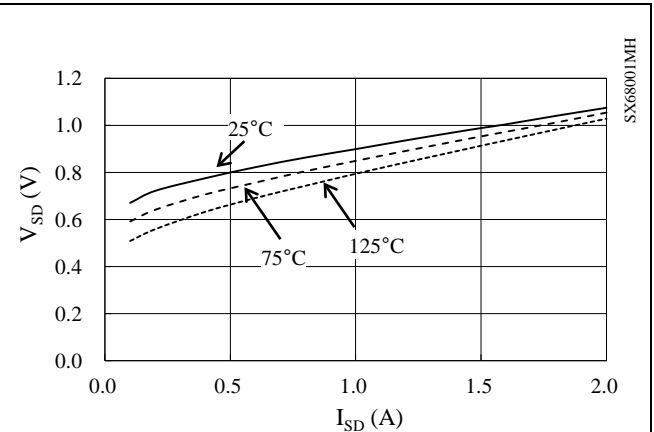


図 14-30 パワーMOSFET  $V_{SD}$  -  $I_{SD}$  特性

#### 14.3.1.2. SX68003MH

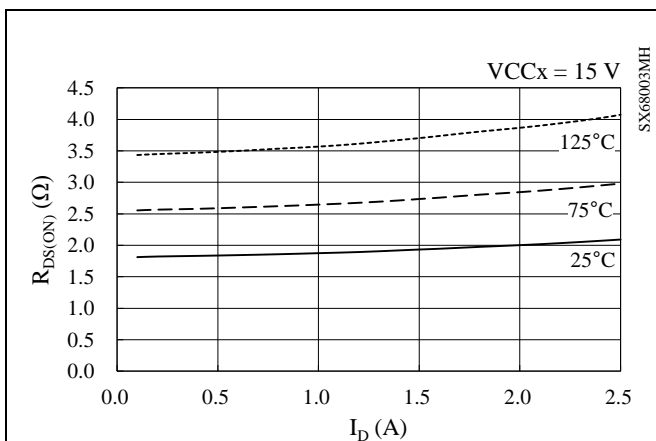


図 14-31 パワーMOSFET  $R_{DS(ON)}$  -  $I_D$  特性

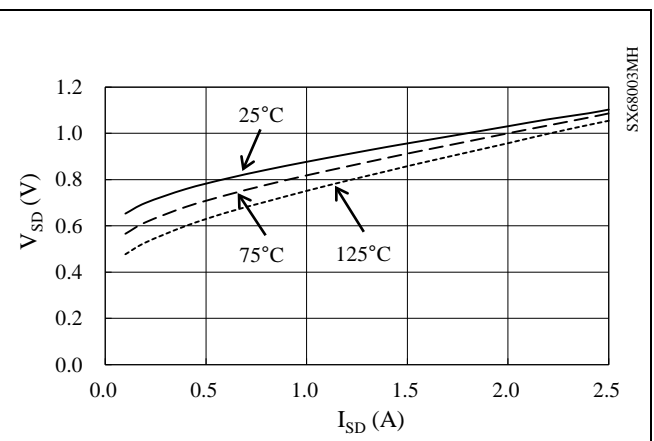


図 14-32 パワーMOSFET  $V_{SD}$  -  $I_{SD}$  特性

## SX68000MH シリーズ

### 14.3.2 スイッチング損失グラフ

#### 14.3.2.1. SX68001MH

VBBx 端子電圧 = 150 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。

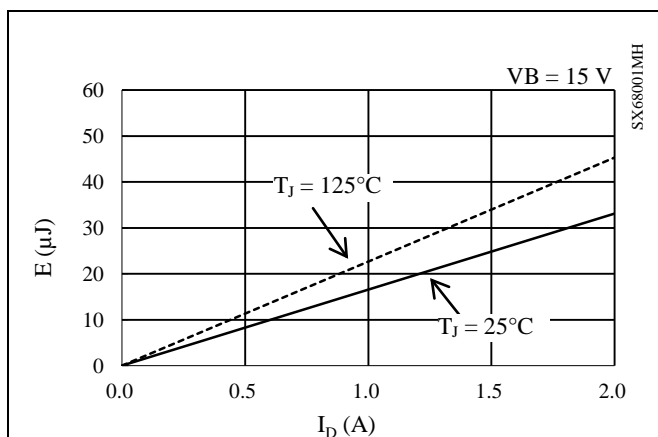


図 14-33 ハイサイドスイッチング損失特性

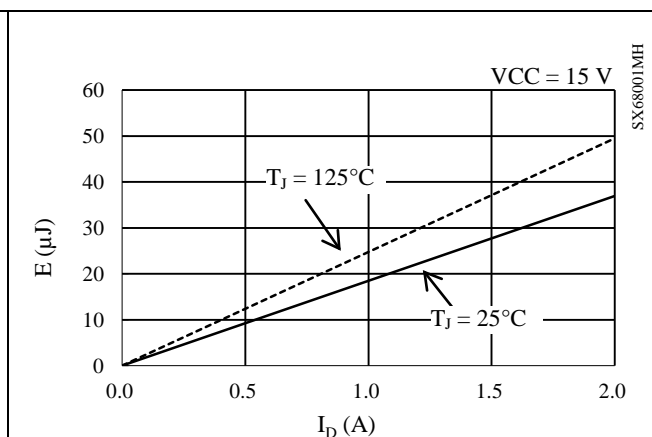


図 14-34 ローサイドスイッチング損失特性

#### 14.3.2.2. SX68003MH

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。

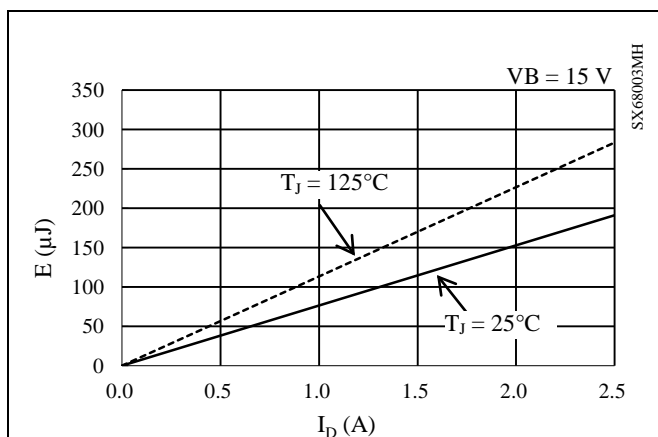


図 14-35 ハイサイドスイッチング損失特性

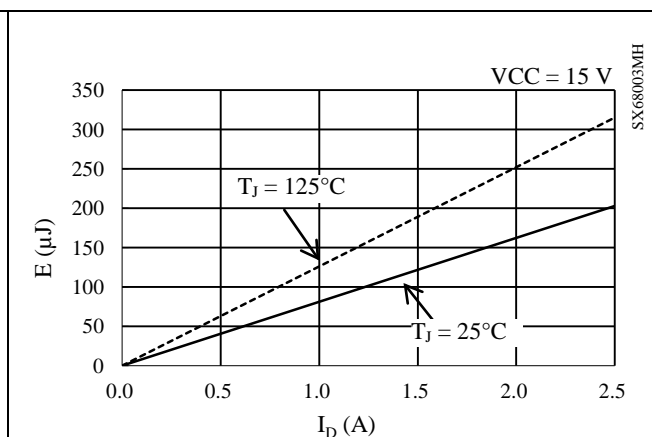


図 14-36 ローサイドスイッチング損失特性

## SX68000MH シリーズ

### 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。

#### 14.4.1 SX68001MH

<動作条件>

VBBx 端子入力電圧  $V_{DC} = 150$  V、VCCx 端子入力電圧  $V_{CC} = 15$  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  $T_J = 150$  °C

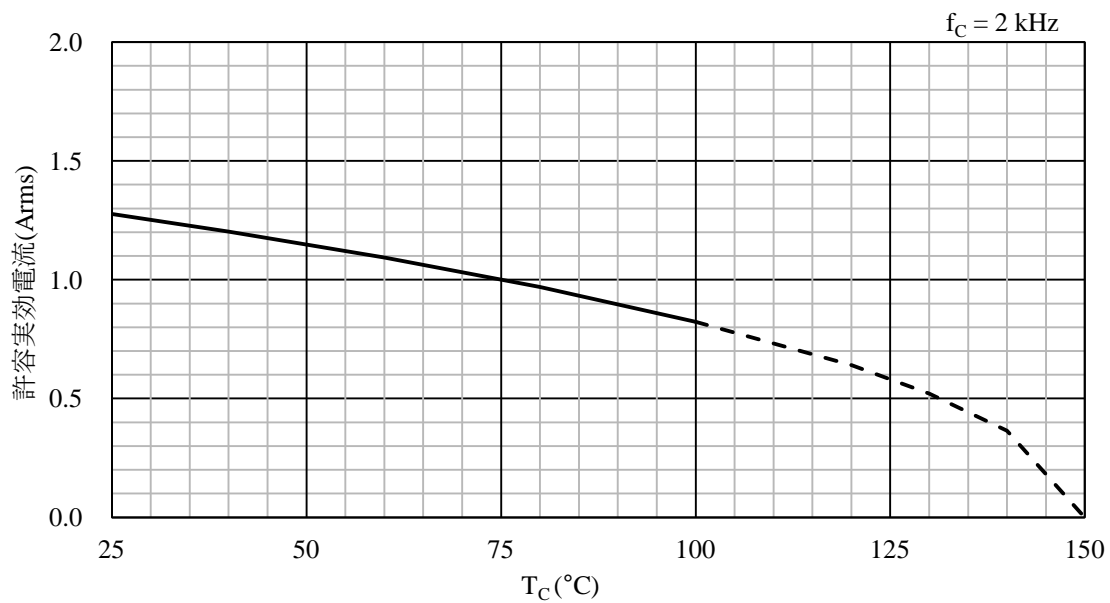


図 14-37 SX68001MH 許容電流特性 ( $f_C = 2$  kHz)

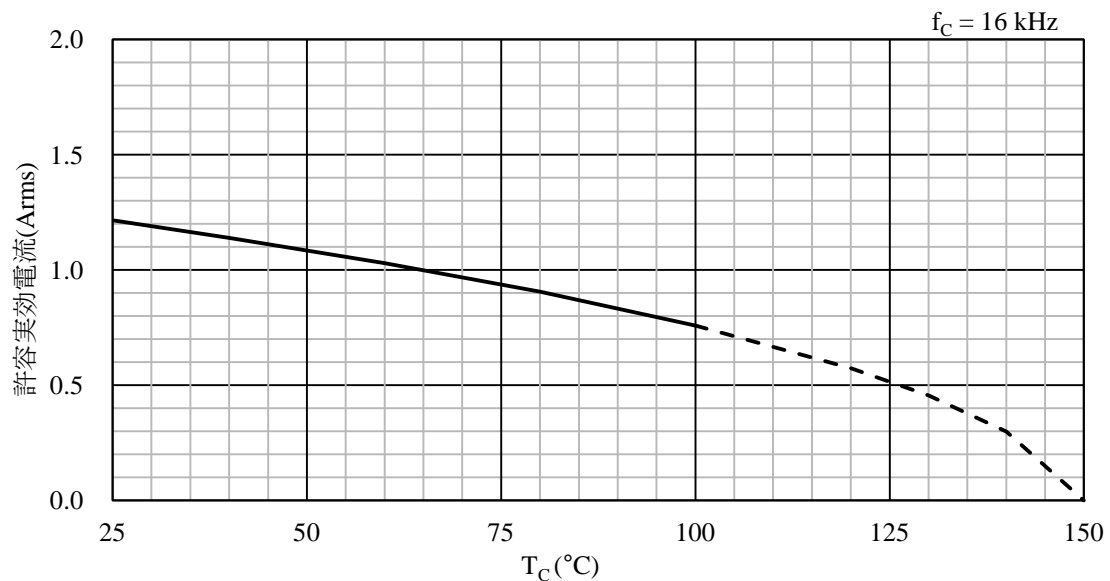


図 14-38 SX68001MH 許容電流特性 ( $f_C = 16$  kHz)

## SX6800MH シリーズ

### 14.4.2 SX68003MH

<動作条件>

VBBx 端子入力電圧  $V_{DC} = 300$  V、VCCx 端子入力電圧  $V_{CC} = 15$  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  $T_J = 150$  °C

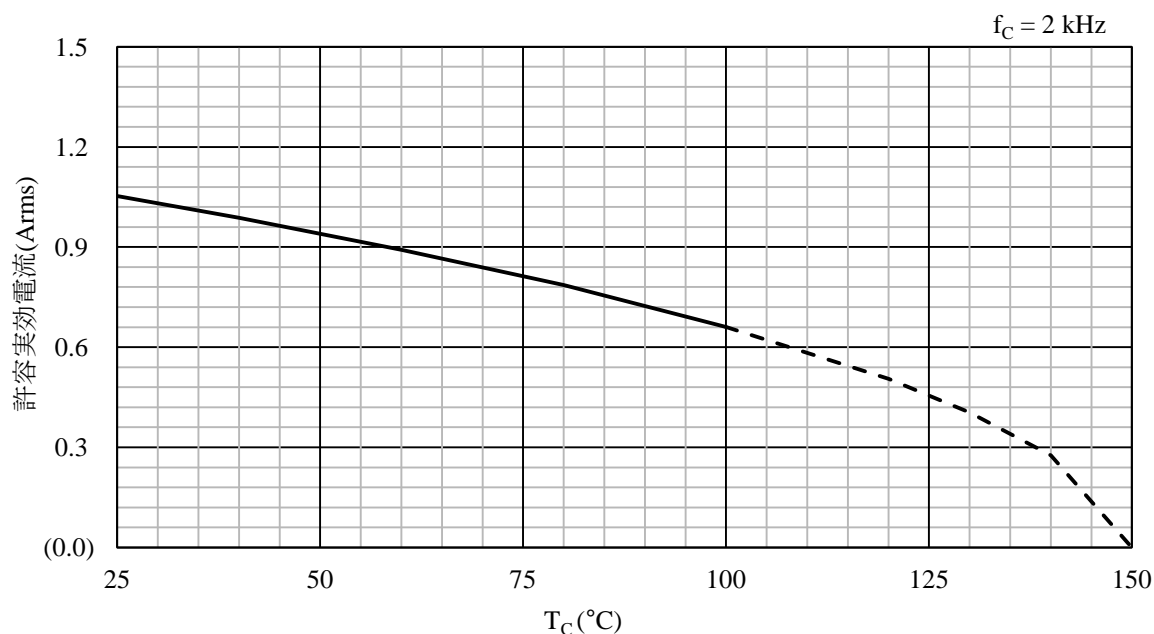


図 14-39 SX68003MH 許容電流特性 ( $f_C = 2$  kHz)

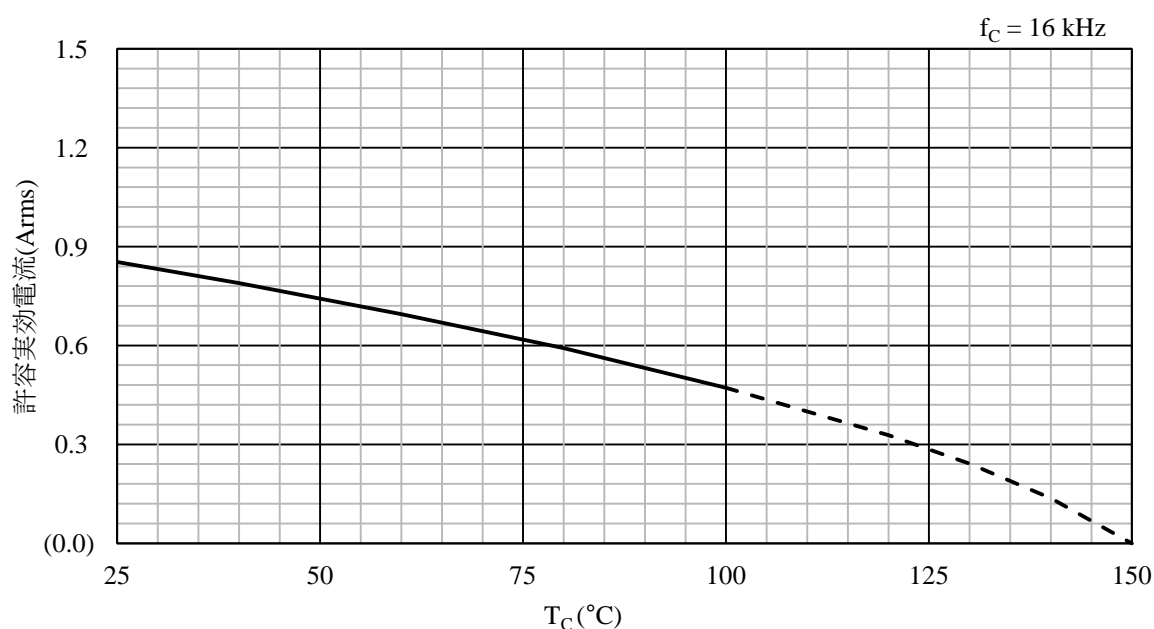


図 14-40 SX68003MH 許容電流特性 ( $f_C = 16$  kHz)

15. パターンレイアウト例

以下に、SX68000MH シリーズ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。本 IC のフットパターンは、9 項を参照してください。

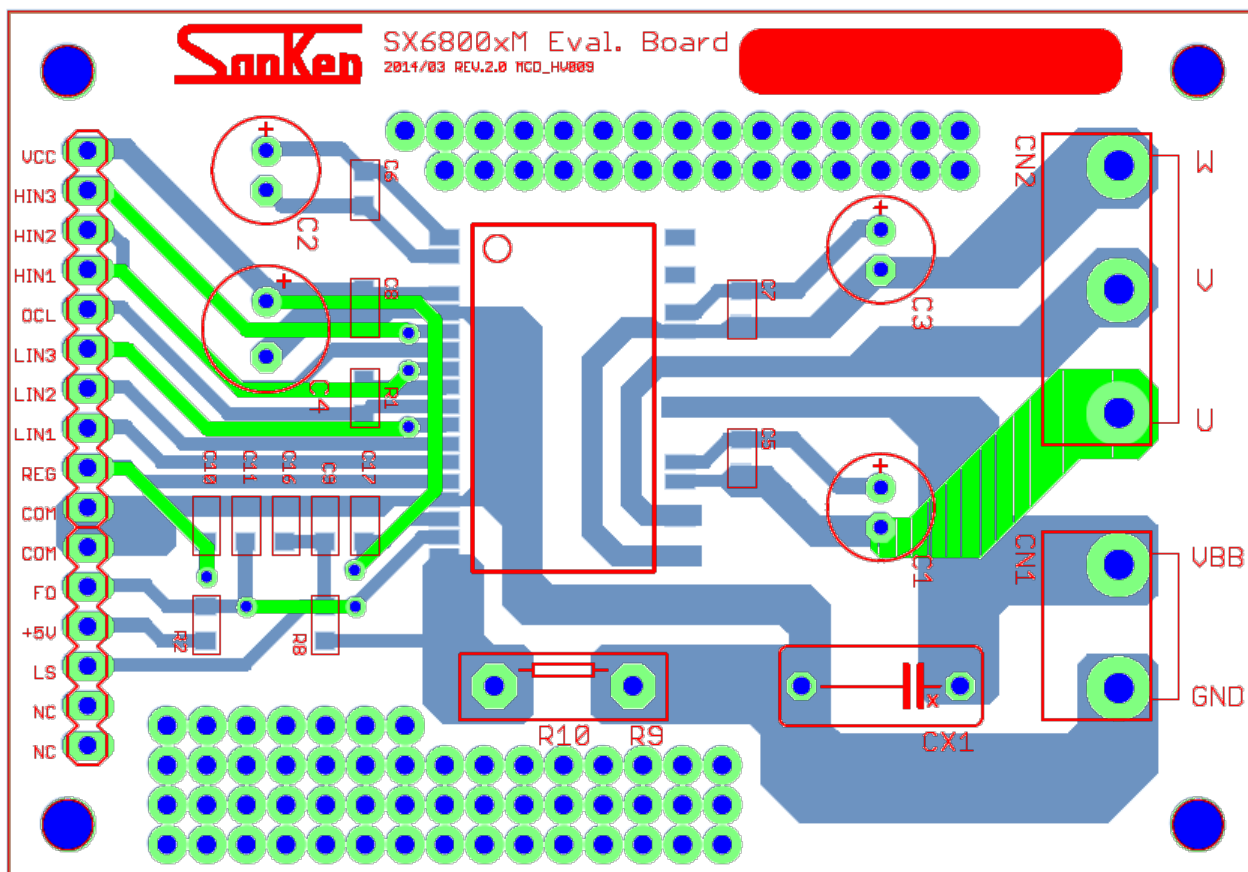


図 15-1 パターンレイアウト例 (2層基板)

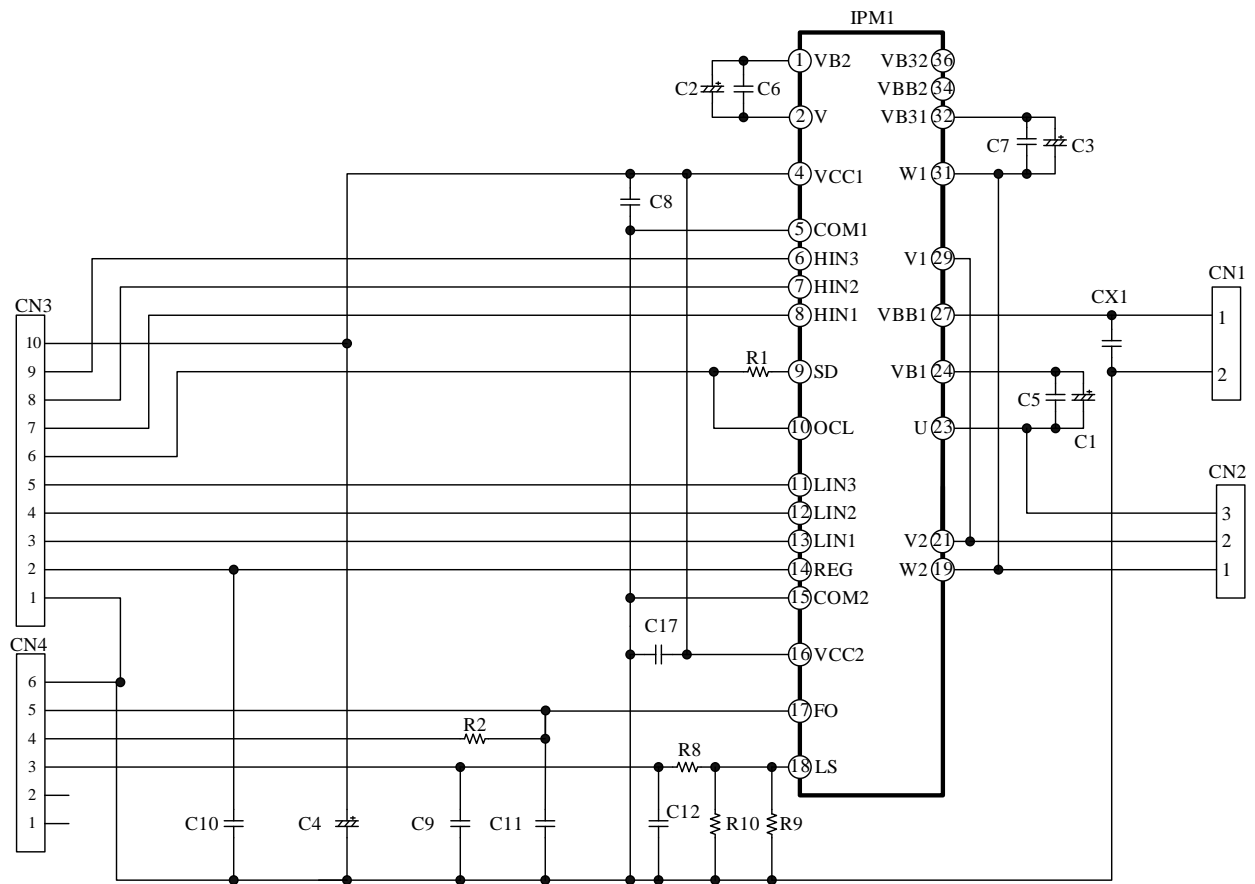


図 15-2 パターンレイアウト回路図

## SX68000MH シリーズ

### 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。

#### ● モータドライバ仕様

使用 IC	SX68003MH
主電源電圧 $V_{DC}$	DC 300 V (typ.)
定格出力電力	50 W

#### ● 回路図

図 15-2 参照

#### ● 部品表

記号	部品名	定格	記号	部品名	定格
C1	Electrolytic	22 $\mu$ F, 35 V	CX1	Film	0.01 $\mu$ F, 630 V
C2	Electrolytic	22 $\mu$ F, 35 V	R1	General	0 $\Omega$ , 1/8 W
C3	Electrolytic	22 $\mu$ F, 35 V	R2	General	4.7 k $\Omega$ , 1/8 W
C4	Electrolytic	47 $\mu$ F, 35 V	R8*	Metal plate	10 k $\Omega$ , 1/8 W
C5	Ceramic	0.1 $\mu$ F, 50 V	R9*	Metal plate	1 $\Omega$ , 2 W
C6	Ceramic	0.1 $\mu$ F, 50 V	R10*	General	Open
C7	Ceramic	0.1 $\mu$ F, 50 V	IPM1	IC	SX68003MH
C8	Ceramic	0.1 $\mu$ F, 50 V	CN1	Pin header	B2P3-VH 相当
C9	Ceramic	0.1 $\mu$ F, 50 V	CN2	Pin header	B2P5-VH 相当
C10	Ceramic	0.1 $\mu$ F, 50 V	CN3	Connector	MA10-1 相当
C11	Ceramic	0.1 $\mu$ F, 50 V	CN4	Connector	MA06-1 相当
C16	Ceramic	100 pF, 50 V			
C17	Ceramic	0.1 $\mu$ F, 50 V			

\* 実機評価で調整が必要な部品

### 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た際、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を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。