

1chip FET内蔵タイプスイッチングレギュレータシリーズ フレキシブル降圧 スイッチングレギュレータ パワーMOSFET内蔵タイプ



BD9778F, BD9778HFP, BD9001F, BD9781HFP

No.10027JBT41

● 概要

フレキシブル降圧スイッチングレギュレータは外付け抵抗で動作周波数を自由に設定可能な高耐圧POWER MOS FET内蔵スイッチングレギュレータです。広い入力電圧範囲(7V~35V, 7V~48V)、広い動作温度範囲(-40°C~+125°C, -40°C~+95°C)が特長で、また外部同期入力端子(BD9781HFP)により外部クロックとの同期動作も可能です。

● 特長

- 1) 少ない外付部品
- 2) 広い入力電圧範囲：7V~35V (BD9778F/HFP, BD9781HFP)、7V~48V (BD9001F)
- 3) P-ch POWER MOS FET内蔵
- 4) 外付抵抗により出力電圧設定可能：1~VIN
- 5) 基準電圧精度：±2%
- 6) 広い動作温度範囲：-40°C~+125°C (BD9778F/HFP, BD9781HFP)、-40°C~+95°C (BD9001F)
- 7) 低ドロップアウト動作：100% ON デューティサイクル
- 8) スタンバイ時消費電流：0μA (Typ.) (BD9778F/HFP, BD9781HFP)、4μA (Typ.) (BD9001F)
- 9) 外付抵抗により発振周波数可変：50~300kHz (BD9001F)、50~500kHz (BD9778F/HFP, BD9781HFP)
- 10) 外部同期可能 (BD9781HFPのみ)
- 11) ソフトスタート機能 (内蔵5ms (Typ.))
- 12) 過電流保護回路
- 13) 温度保護回路
- 14) ハイパワー面実装 HRP7パッケージ (BD9778HFP, BD9781HFP)
小型面実装 SOP8パッケージ (BD9778F, BD9001F)

● 用途

薄型TV、プリンター、DVD、カーオーディオ、カーナビゲーション、ETC等の車載機器、AV、OA、産業機器のあらゆる分野で使用可能です。

● ラインアップ

項目	BD9778F/HFP	BD9001F	BD9781HFP
出力電流	2A	2A	4A
入力範囲	7V~35V	7V~48V	7V~35V
発振周波数範囲	50~500kHz	50~300kHz	50~500kHz
外部同期	無	無	有
スタンバイ機能	有	有	有
動作温度範囲	-40°C~+125°C	-40°C~+95°C	-40°C~+125°C
パッケージ	SOP8 / HRP7	SOP8	HRP7

● 絶対最大定格(Ta=25°C)

Parameter		Symbol	Limits	Unit
電源電圧	BD9778F/HFP, BD9781HFP	VIN	36	V
	BD9001F		50	
出力スイッチ端子電圧		VSW	VIN	V
出力スイッチ電流	BD9778F/HFP, BD9001F	ISW	2	A
	BD9781HFP		4	
EN/SYNC, EN端子電圧		VEN/SYNC, VEN	VIN	V
RT, FB, INV端子電圧		VRT, VFB, VINV	7	V
許容損失	HRP7	Pd	5.5	W
	SOP8		0.69	
動作温度範囲	BD9778F/HFP, BD9781HFP	T _{opr}	-40 ~ +125	°C
	BD9001F		-40 ~ +95	
保存温度範囲		T _{stg}	-55 ~ +150	°C
最大接合部温度		T _{jmax}	150	°C

*1 Pdを越えないこと。

*2 Ta=25°C以上は44mW/°Cで軽減。70×70×1.6mm³ 2層基板実装時。(基板にサーマルビア有り、基板表面銅箔面積: 10.5×10.5mm² 基板裏面銅箔面積: 70×70mm²)*3 Ta=25°C以上は5.52mW/°Cで軽減。70×70×1.6mm³ 2層基板実装時。

● 推奨動作範囲

Parameter	BD9778F/HFP	BD9001F	BD9781HFP	Unit
動作電源電圧	7~35	7~48	7~35	V
出力スイッチ電流	~2	~2	~4	A
出力電圧 (ON Duty)	6~100	6~100	6~100	%
発振周波数	50~500	50~300	50~500	kHz
発振周波数設定抵抗値	40~800	100~800	39~800	kΩ

● 動作可能範囲

Parameter	BD9778F/HFP	BD9001F	BD9781HFP
動作電源電圧	7~35	7~48	7~35

● 電気的特性

◎BD9778F/HFP (特に指定のない限り Ta=-40°C~+125°C, VIN=13.2V, VEN=5Vとする。)

Parameter	Symbol	Limits			Unit	Condition
		Min.	Typ.	Max.		
スタンバイ時回路電流	ISTB	-	0	10	μA	VEN=0V, Ta=25°C
回路電流	I _Q	-	3	4.2	mA	I _o =0A
【SW部】						
POWER MOS FET ON抵抗	R _{ON}	-	0.53	0.9	Ω	I _{SW} =50mA
過電流保護動作出力電流	I _{OLIMIT}	2	4	-	A	※設計保証
出力リーク電流	I _{OLEAK}	-	0	30	μA	VIN=35V, VEN=0V
【エラーアンプ部】						
基準電圧1	V _{REF1}	0.98	1.00	1.02	V	V _{FB} =V _{INV} , Ta=25°C
基準電圧2	V _{REF2}	0.96	1.00	1.04	V	V _{FB} =V _{INV}
基準電圧入力変動	ΔV _{REF}	-	0.5	-	%	VIN=5~35V
入力バイアス電流	I _b	-1	-	-	μA	V _{INV} =1.1V
最大FB電圧	V _{FBH}	2.4	2.5	-	V	V _{INV} =0.5V
最小FB電圧	V _{FBL}	-	0.05	0.10	V	V _{INV} =1.5V
FBシンク電流	I _{FBSINK}	-5.0	-3.0	-0.5	mA	V _{FB} =1.5V, V _{INV} =1.5V
FBソース電流	I _{FBSOURCE}	70	120	170	μA	V _{FB} =1.5V, V _{INV} =0.5V
ソフトスタート時間	T _{SS}	-	5	-	mS	※設計保証
【発振器部】						
発振周波数	F _{OSC}	82	102	122	kHz	R _T =390kΩ
周波数入力変動	ΔF _{OSC}	-	1	-	%	VIN=5~35V
【イネーブル部】						
スレッシュホールド電圧	V _{EN}	0.8	1.7	2.6	V	
流入電流	I _{EN}	-	13	50	μA	VEN=5V

*耐放射線設計はしていません

◎BD9001F (特に指定のない限り Ta=-40°C~+95°C, VIN=13.2V, VEN=5Vとする。)

Parameter	Symbol	Limits			Unit	Condition
		Min.	Typ.	Max.		
【回路全体】						
スタンバイ時回路電流	ISTB	-	4	10	μA	VEN=0V, Ta=25°C
回路電流	IQ	-	3	4.2	mA	Io=0A
【SW部】						
POWER MOS FET ON抵抗	RON	-	0.53	0.9	Ω	Isw=50mA
過電流保護動作出力電流	IOLIMIT	2	4	-	A	※設計保証
出力リーク電流	IOLLEAK	-	0	30	μA	VIN=48V, VEN=0V
【エラーアンプ部】						
基準電圧1	VREF1	0.98	1.00	1.02	V	VFB=VINV, Ta=25°C
基準電圧2	VREF2	0.96	1.00	1.04	V	VFB=VINV
基準電圧入力変動	ΔVREF	-	0.5	-	%	VIN=7~48V
入力バイアス電流	IB	-1	-	-	μA	VINV=1.1V
最大FB電圧	VFBH	2.4	2.5	-	V	VINV=0.5V
最小FB電圧	VFBL	-	0.05	0.10	V	VINV=1.5V
FBシンク電流	IFBSINK	-5.0	-3.0	-0.5	mA	VFB=1.5V, VINV=1.5V
FBソース電流	IFBSOURCE	70	120	170	μA	VFB=1.5V, VINV=0.5V
ソフトスタート時間	TSS	-	5	-	mS	※設計保証
【発振器部】						
発振周波数	FOSC	82	102	122	kHz	RT=390kΩ
周波数入力変動	ΔFOSC	-	2	-	%	VIN=7~48V
【イネーブル部】						
スレッシュホールド電圧	VEN	0.8	1.7	2.6	V	
流入電流	IEN	-	13	50	μA	VEN=5V

*耐放射線設計はしていません

◎BD9781HFP (特に指定のない限り Ta=-40~+125°C, VIN=13.2V, VEN/SYNC=5Vとする。)

Parameter	Symbol	Limits			Unit	Condition
		Min.	Typ.	Max.		
スタンバイ時回路電流	ISTB	-	0	10	μA	VEN/SYNC=0V, Ta=25°C
回路電流	IQ	-	3	8	mA	Io=0A
【SW部】						
POWER MOS FET ON抵抗	RON	-	0.5	0.9	Ω	Isw=50mA
過電流保護動作出力電流	IOLIMIT	4	8	-	A	※設計保証
出力リーク電流	IOLLEAK	-	0	30	μA	VIN=35V, VEN/SYNC=0V
【エラーアンプ部】						
基準電圧1	VREF1	0.98	1.00	1.02	V	VFB=VINV, Ta=25°C
基準電圧2	VREF2	0.97	1.00	1.03	V	VFB=VINV
基準電圧入力変動	ΔVREF	-	0.5	-	%	VIN=5~35V
入力バイアス電流	IB	-1	-	-	μA	VINV=1.1V
最大FB電圧	VFBH	2.4	2.5	-	V	VINV=0.5V
最小FB電圧	VFBL	-	0.05	0.10	V	VINV=1.5V
FBシンク電流	IFBSINK	-5.0	-3.0	-0.5	mA	VFB=1.5V, VINV=1.5V
FBソース電流	IFBSOURCE	70	120	170	μA	VFB=1.5V, VINV=0.5V
ソフトスタート時間	TSS	-	5	-	mS	※設計保証
【発振器部】						
発振周波数	FOSC	82	102	122	kHz	RT=390kΩ
周波数入力変動	ΔFOSC	-	1	-	%	VIN=5~35V
【イネーブル/同期入力部】						
スレッシュホールド電圧	VEN/SYNC	0.8	1.7	2.6	V	
流入電流	IEN/SYNC	-	35	90	μA	VEN/SYNC=5V
外部同期周波数	FSYNC	-	150	-	kHz	FEN/SYNC=150kHz

*耐放射線設計はしていません

● 参考データ

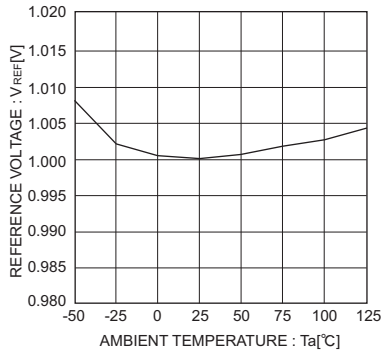


Fig.1 出力基準電圧温度特性(全シリーズ)

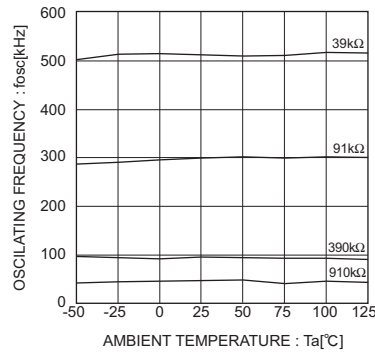


Fig.2 周波数温度特性(全シリーズ)

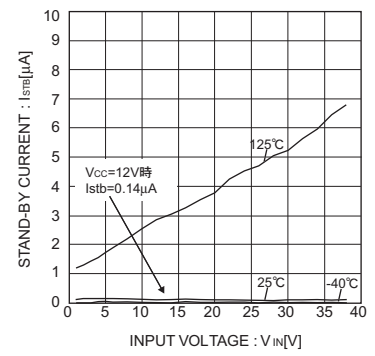


Fig.3 スタンバイ電流(BD9781HFP)

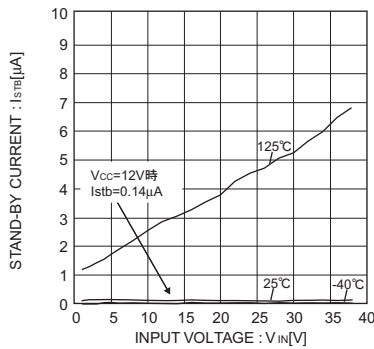


Fig.4 スタンバイ電流(BD9778F/HFP)

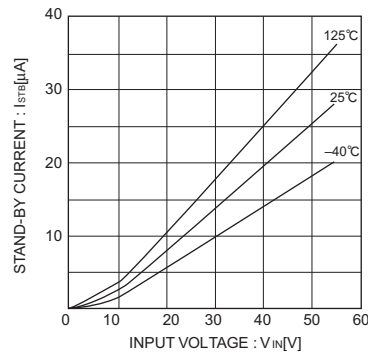


Fig.5 スタンバイ電流(BD9001F)

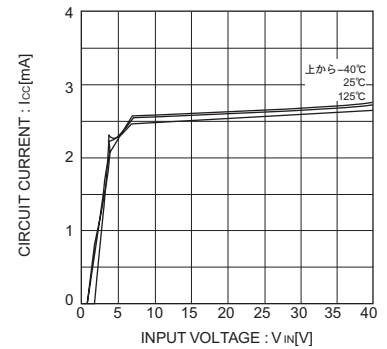


Fig.6 回路電流(BD9781HFP)

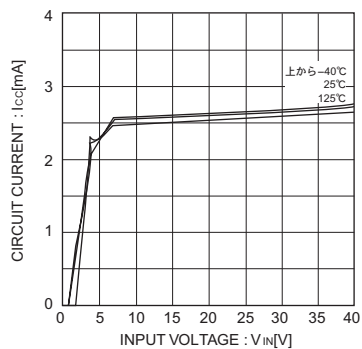


Fig.7 回路電流(BD9778F/HFP)

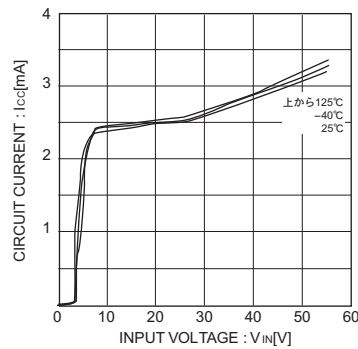


Fig.8 回路電流(BD9001F)

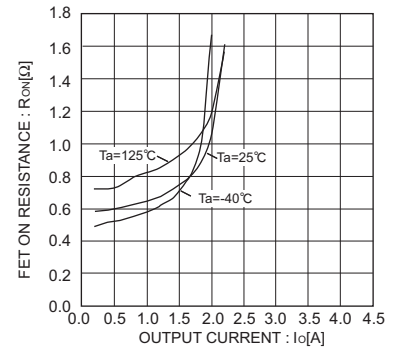


Fig.9 ON抵抗 V_{IN}=5V (BD9781HFP)

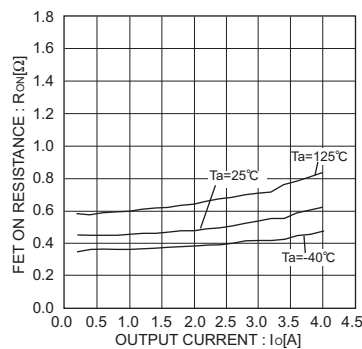


Fig.10 ON抵抗 V_{IN}=7V (BD9781HFP)

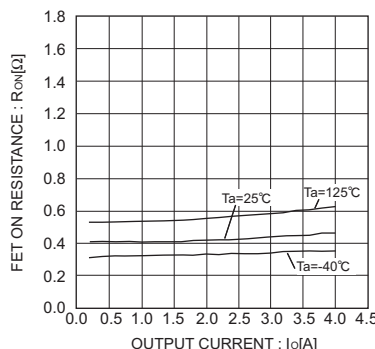


Fig.11 ON抵抗 V_{IN}=13.2V (BD9781HFP)

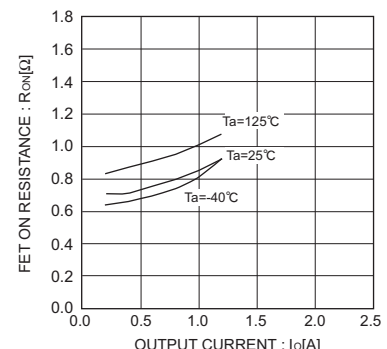


Fig.12 ON抵抗 V_{IN}=5V (BD9778F/HFP)

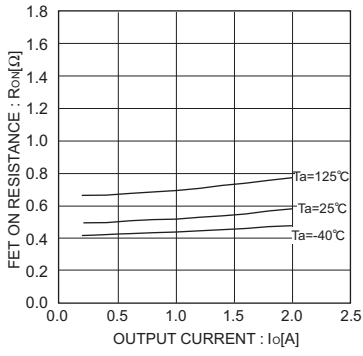


Fig.13 ON抵抗 VIN=7V (BD9778F/HFP)

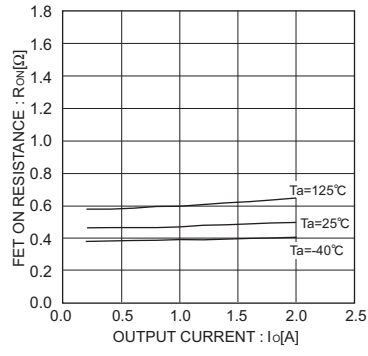


Fig.14 ON抵抗 VIN=13.2V (BD9778F/HFP)

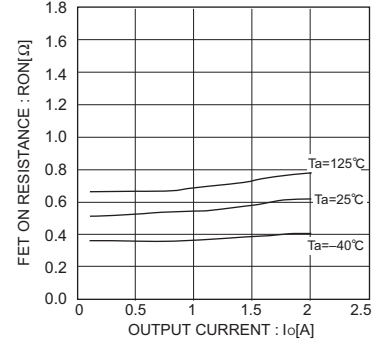


Fig.15 ON抵抗 VIN=7V (BD9001F)

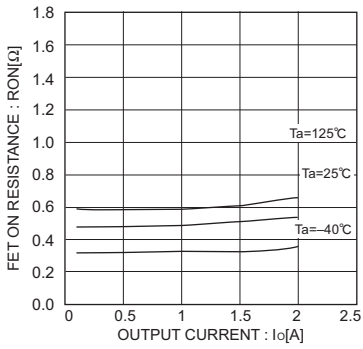


Fig.16 ON抵抗 VIN=13.2V (BD9001F)

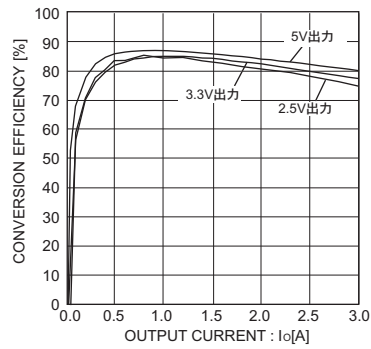


Fig.17 Io vs 効率 (VIN=12V, f=200kHz) (BD9781HFP)

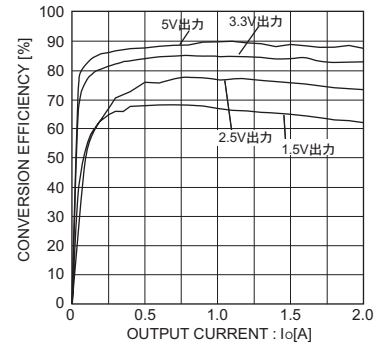


Fig.18 Io vs 効率 (VIN=12V, f=100kHz) (BD9778F/HFP)

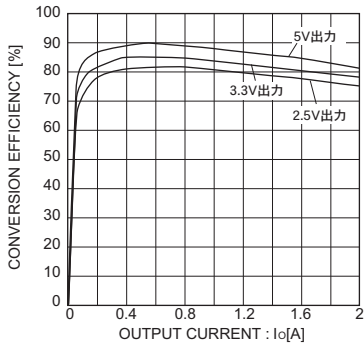


Fig.19 Io vs 効率 (VIN=12V, f=100kHz) (BD9001F)

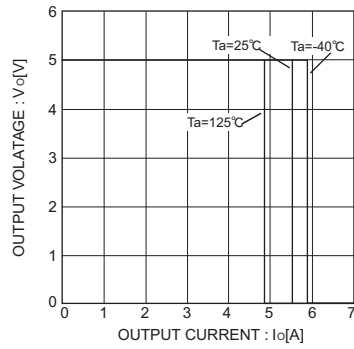


Fig.20 電流能力 (VIN=12V, Vo=5V, f=100kHz) (BD9781HFP)

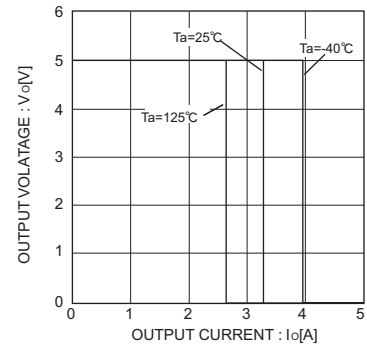


Fig.21 電流能力 (VIN=12V, Vo=5V, f=100kHz) (BD9778F/HFP)

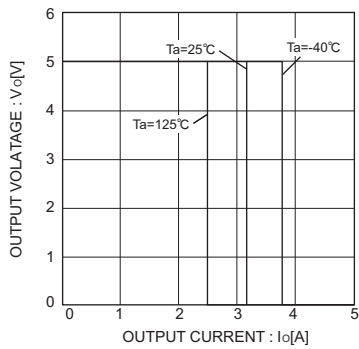


Fig.22 電流能力 (VIN=12V, Vo=5V, f=100kHz) (BD9001F)

● ブロック図・推奨回路例・ピン配置図

(BD9778F)

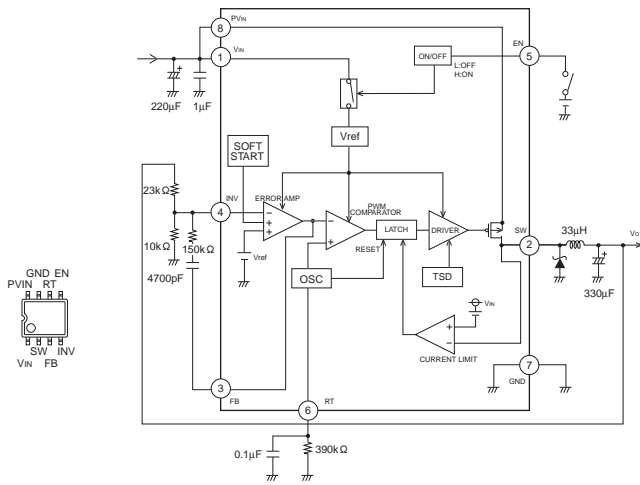


Fig.23

(BD9778HFP)

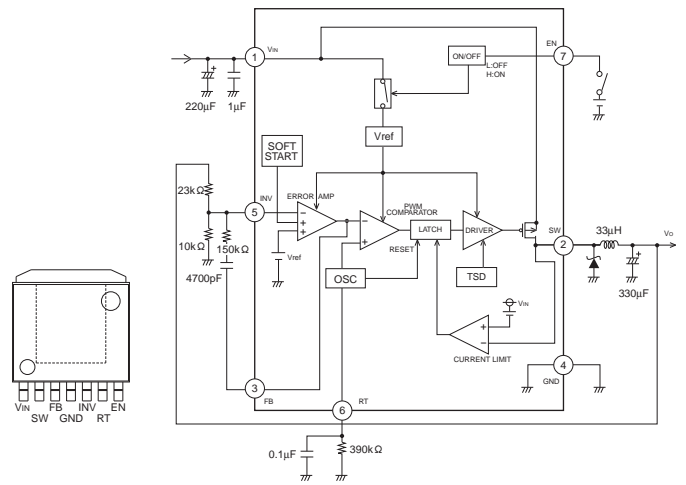


Fig.24

番号	端子名	機能
1	VIN	電源入力端子
2	SW	出力端子
3	FB	エラーアンプ出力端子
4	INV	出力電圧フィードバック端子
5	EN	イネーブル端子
6	RT	周波数設定抵抗接続端子
7	GND	GND端子
8	PVIN	パワー系電源入力端子

* VINとPVINは必ずショートしてご使用ください。

番号	端子名	機能
1	VIN	電源入力端子
2	SW	出力端子
3	FB	エラーアンプ出力端子
4	GND	GND端子
5	INV	出力電圧フィードバック端子
6	RT	周波数設定抵抗接続端子
7	EN	イネーブル端子
FIN	-	GND端子

(BD9001F)

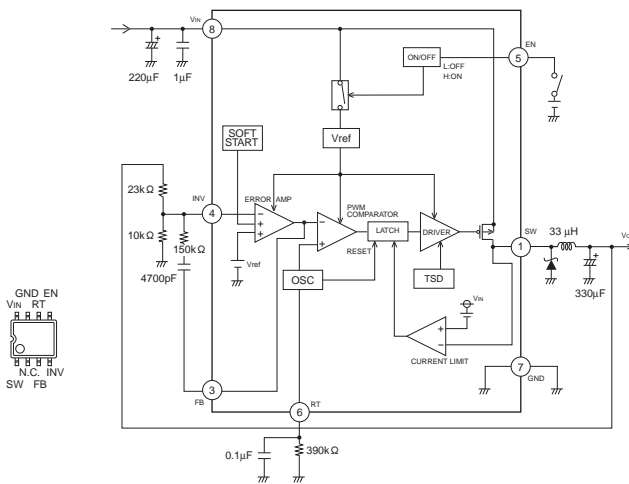


Fig.25

(BD9781HFP)

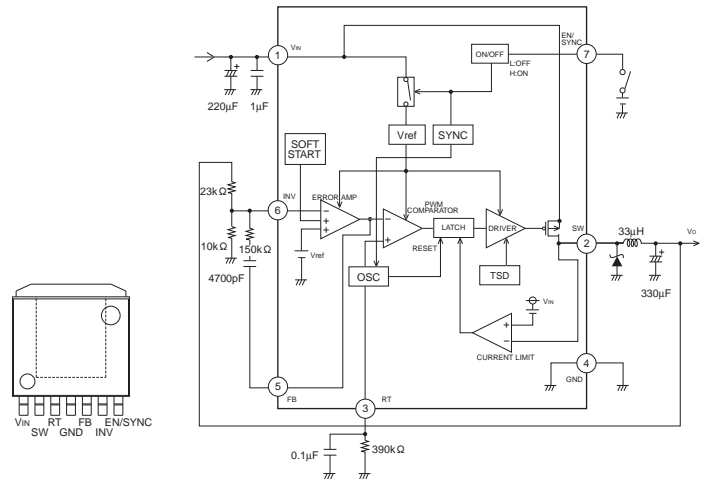


Fig.26

番号	端子名	機能
1	SW	出力端子
2	N.C.	未接続端子
3	FB	エラーアンプ出力端子
4	INV	出力電圧フィードバック端子
5	EN	イネーブル端子
6	RT	周波数設定抵抗接続端子
7	GND	GND端子
8	VIN	電源入力端子

番号	端子名	機能
1	VIN	電源入力端子
2	SW	出力端子
3	RT	周波数設定抵抗接続端子
4	GND	GND端子
5	FB	エラーアンプ出力端子
6	INV	出力電圧フィードバック端子
7	EN/SYNC	イネーブル端子、同期パルス入力端子
FIN	-	GND端子

● 各ブロック動作説明

・ ERROR AMP

基準電圧(1V typ.)と“INV”端子電圧を入力とする誤差増幅器です。出力の“FB”により、スイッチングパルスのデューティ幅を制御します。この“INV”と“FB”は位相補償を簡単に行うためにIC外部に出されています。この端子間に容量と抵抗を入れることにより位相マージンを調整できます。(推奨例は P.11参照)

・ SOFT START

電源投入時にERROR AMPの正転入力を除々に上昇させ、スイッチングパルスのデューティ幅を除々に大きくすることにより、出力電圧Voのオーバーシュートを防止する機能です。ソフトスタート時間は5msec(Typ.)です。

・ ON/OFF

“EN”端子を0.8V以下にすることにより、回路をシャットダウン出来ます。

またBD9781HFPでは“EN/SYNC”端子に設定発振周波数より高い周波数のパルス印加することにより、外部同期が可能です。(設定周波数の+50%まで同期可能)

・ PWM COMPARATOR

“FB”端子と内部三角波を比較しスイッチングパルス outputs コンパレータです。

“FB”の値によりスイッチングパルスのデューティ幅が変化し0~100%まで設定可能です。

・ OSC(Oscillator)

PWM Comparatorに入力する三角波を発生させる回路で、“RT”に抵抗を接続することにより、発振周波数を設定出来ます。

・ TSD(Thermal Shut Down)

ICの熱破壊・熱暴走を防止するために、チップ温度が約150°C以上になると出力がOFFします。また、一定温度に戻ると復帰します。ただし、温度保護回路は本来IC自身を保護する目的で内蔵しておりますので、チップジャンクション温度はサーマルシャットダウン検知温度約150°C未満での熱設計をお願いします。

・ CURRENT LIMIT

出力POWER Pch MOS FETがONしている時にドレイン-ソース間電圧(ON抵抗×負荷電流)がIC内部で設定された基準電圧値を超えると出力をOFFラッチさせます。この過電流保護検出値はそれぞれ以下のように設定されています。

BD9781HFP・・・8A(Typ.)

BD9001F, BD9778F/HFP・・・4A(Typ.)

また、この過電流保護は自己復帰型となっており、OFFラッチした後、発振周波数ごとに出されるRESET信号によりラッチが解除されます。

ただし、これらの保護回路は突発的な事故による破壊防止に有効的なもので、連続的な保護回路動作時(例えば出力電流能力を大きく上回る負荷が常時接続される場合等)でのご使用は避けてください。

また、過電流保護検出値は温度に対して負の特性を持っておりますので、熱設計時にはご注意ください。

● タイミングチャート
(BD9781HFP)

・基本動作時

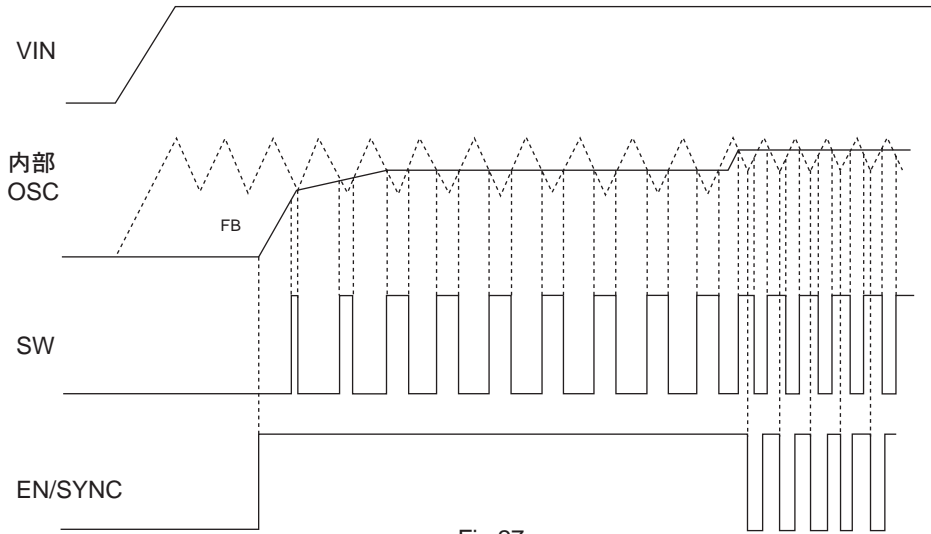


Fig.27

・出力ショート時過電流保護動作時

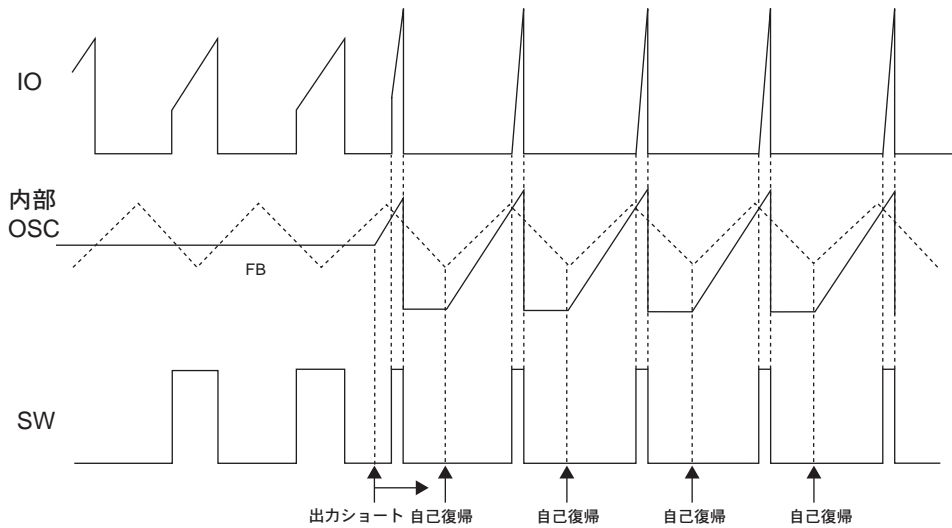


Fig.28

● 外部同期機能(BD9781HFP)

外部同期動作時にはRT端子に周波数設定抵抗を接続した上でEN/SYNC端子に同期信号を入力します。同期信号として設定抵抗(RT)により決定される周波数より高い周波数のパルス波を入力してください。ただしその周波数差はBD9781HFPでは+50%以内に設計してください。またパルス波のデューティは10%~90%の範囲で設定してください。

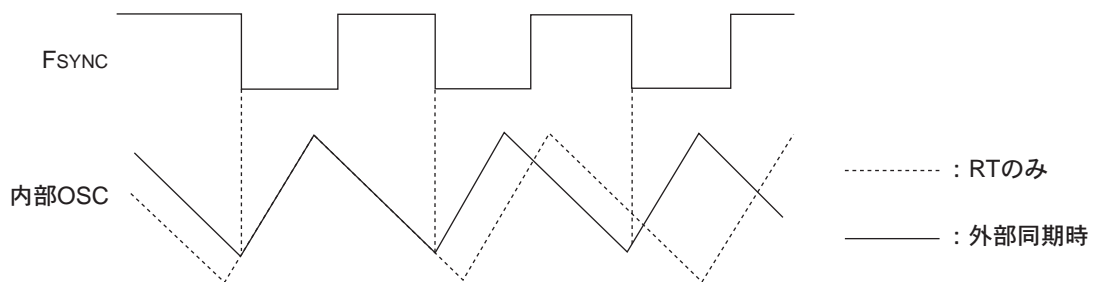
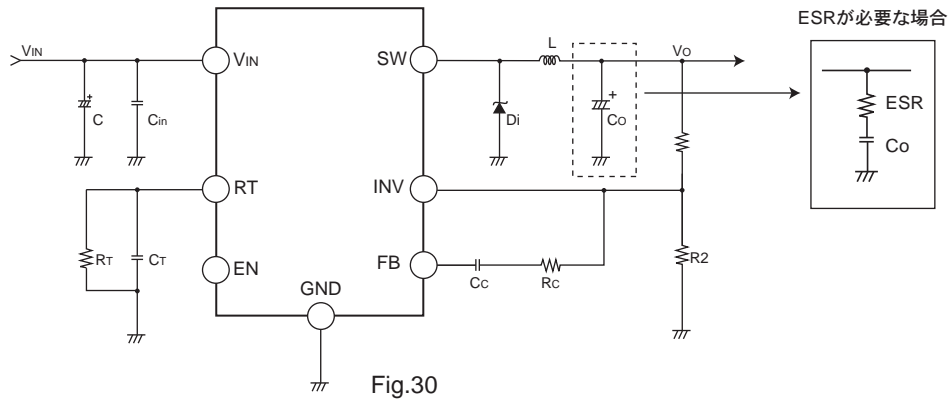


Fig.29

● アプリケーション部品選定方法



設計方法	計算例
<p>V_o=出力電圧、$V_{IN(Max)}$=最大入力電圧 $I_o(Max)$=最大負荷電流、f=発振周波数</p>	
<p>1.出力電圧設定 出力電圧は次式により求められます。</p> $V_o = 1 \times (1 + R_1/R_2)$ <p>この式よりR_1、R_2を選択してください。 なお、R_2は、$30k\Omega$以下に設定してください。 R_1、R_2に流れる電流は出力電流に対して十分小さくなるように選択してください。</p>	<p>$V_o=5V$、$R_2=10k\Omega$の場合</p> $5 = 1 \times (1 + R_1/10k\Omega)$ <p style="text-align: right;"><u>$R_1=40k\Omega$</u></p>
<p>2.コイル(L)の選択 コイルの値は次式により求められます。</p> $L = (V_{IN} - V_o) \times V_o / (V_{IN} \times f \times \Delta I_o)$ <p>ΔI_o:出力リップル電流 ΔI_oはI_oの通常20~30%程度です。</p> <p>この設定が最適でないと、正常に(連続的に)発振しない可能性があります。また、コイルに流れるピーク電流値がコイルの定格電流値を超えないように十分にマージンをもって設定してください。</p>	<p>$V_{IN}=13.2V$、$V_o=5V$、$I_o=2A$、$f=100kHz$の場合、</p> $L = (13.2 - 5) \times 5 / (13.2 \times 1/100k \times 1 / (2 \times 0.3))$ $= 51.8\mu H \approx 47\mu$ <p style="text-align: right;"><u>$L=47\mu H$</u></p>
<p>3.出力コンデンサ(C_o)の選択 出力コンデンサは必要である出力リップル電圧$\Delta V_o(p-p)$により決定します。次式により必要なESR値を求め、容量を選択してください。セラミックコンデンサ等、ESRの小さいコンデンサを使用する場合、コンデンサと直列にESRを追加する必要があります。(Fig.30 使用上の注意11参照)</p> $\Delta I_L = (V_{IN} - V_o) \times V_o / (L \times f \times V_{IN})$ $\Delta V_{pp} = \Delta I_L \times ESR + (\Delta I_L \times V_o) / (2 \times C_o \times f \times V_{IN})$ <p>コンデンサの定格電圧は出力電圧に対し十分にマージンをもって設定してください。また、最大許容リップル電流はΔI_Lに対し十分にマージンをもって設定してください。また、出力立ち上がり時間はソフトスタート時間より短い必要があります。出力コンデンサは次式より求める値より小さい値にしてください。</p> $C_{Max} = \frac{3.5m \times (I_{Limit} - I_o(Max))}{V_o}$ <p>I_{Limit}:2A(BD9778F/HFP, BD9001F)、4A(BD9781HFP) 容量値が最適でないと、起動不良などが発生する可能性があります。 (※3.5mはソフトスタートmin時間です。)</p>	<p>$V_{IN}=13.2V$、$V_o=5V$、$L=100\mu H$、$f=100kHz$</p> $\Delta I_L = (13.2 - 5) \times 5 / (100 \times 10^{-6} \times 100 \times 10^3 \times 13.2)$ ≈ 0.31 <p style="text-align: right;"><u>$\Delta I_L=0.31A$</u></p> <p>I_{Limit}:2A、$I_o(Max)=1A$、$V_o=5V$の場合、</p> $C_{Max} = 3.5m \times (2 - 1) / 5$ $= 700\mu$ <p style="text-align: right;"><u>$C_{Max}=700\mu F$</u></p>

設計方法	計算例
<p>4.ショットキーバリアダイオードの選択</p> <p>ショットキーバリアダイオードの定格電流は最大負荷電流に対し十分にマージンをもって設定してください。</p> <p>また、定格逆電圧は最大入力電圧に対し十分にマージンをもって設定してください。</p> <p>順方向電圧が小さく逆回復時間が短いものを選択すると高効率が得られます。</p> <p>推奨部品 RB050L-40(40V耐圧3A) RB160L-60(60V耐圧1A)</p>	<p>$V_{IN(max.)}=36V$ $I_{o(max.)}=2A$の場合</p> <p>ショットキーバリアダイオードの定格は 電流 2A以上 耐圧 36V以上 のものを選択します。</p>
<p>5.入力コンデンサの選択</p> <p>V_{IN}とGNDの間にはセラミックコンデンサC_{IN}とバイパスコンデンサCの2つのコンデンサが必要です。 C_{IN}は1~10μFのセラミックコンデンサを必ず入れてください。 Cは低ESRのもので十分に大きなリップル電流を備えている必要があります。</p> <p>リップル電流I_{RMS}は次式により求められます。</p> $I_{RMS}=I_o \times \sqrt{V_o \times (V_{in}-V_o) / V_{in}^2}$ <p>このリップル電流を許容出来るコンデンサを選択してください。 C_{IN}、Cの容量値が最適でないと、ICが正常に動作しない可能性があります。</p>	<p>$V_{IN}=13.2V$、$V_o=5V$、$I_o=1A$の場合</p> $I_{RMS}=1 \times \sqrt{5 \times (13.2-5) / (13.2)^2}$ $=0.485$ <p style="text-align: right;">$I_{RMS}=0.485A$</p>
<p>7.発振周波数の設定</p> <p>次ページFig.34.35より、使用する発振周波数に対するR_Tを選択してください。また、ノイズ除去のため必ず0.1~1.0μFのセラミックコンデンサを並列に接続してください。</p>	
<p>8.位相補償(R_c, C_c)の設定</p> <p>INV端子とFB端子間に容量あるいは容量と抵抗を入れることにより、位相マージンを設定します。各設定値は出力のコイル、出力コンデンサの容量、入出力電圧および負荷等により変化しますので、これらの条件により最適値に調整してください。(11ページ位相補償設定方法参照)</p> <p>この設定が最適でないと、出力発振などが発生する可能性があります。</p>	

※これら資料の設定値は参考値です。実際のセットでは基板レイアウトや配線の引き回し、使用する部品の種類により特性が変化する可能性がありますので、実使用時には実機により十分な検証をお願い致します。

● 基板レイアウトの注意点

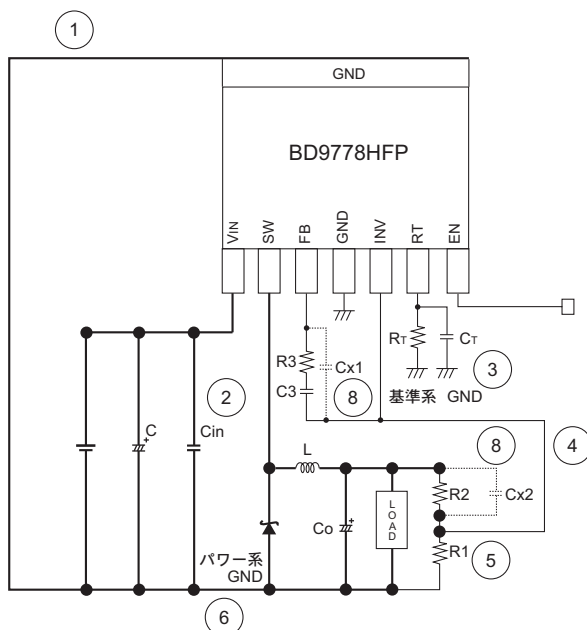


Fig.31

- ① 太線の部分は幅広のパターンで出来るだけ短くしてください。
- ② 入力セラミックコンデンサ C_{in} は、 V_{IN} -GNDピンに出来るだけ近い位置に配置してください。
- ③ R_T と C_T はGNDピンに出来るだけ近い位置に配置してください。
- ④ R_1 と R_2 はINVピンに出来るだけ近い位置に配置し、 R_1 、 R_2 からINVピンまでの配線を短くしてください。
- ⑤ R_1 、 R_2 はLから出来るだけ離して配置してください。
- ⑥ パワー系GND(ショットキーダイオード、入出力コンデンサGND)と基準系GND(R_T 、 C_T GND)を分けることにより、SWノイズの影響が小さくなります。
- ⑦ パワー系ラインは、太く、短くレイアウトしてください。
- ⑧ 予備素子として C_{x1} 、 C_{x2} のコンデンサ挿入パターンを引いておくと、実機での位相補償設定の際に有効です。

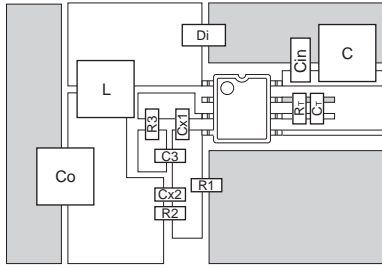


Fig.32 BD9001F 参考レイアウトパターン

※ GNDは内層で幅広い面積でレイアウトしてください。
 ※ 上記レイアウトパターン図において灰色の領域はGNDをあらわします。

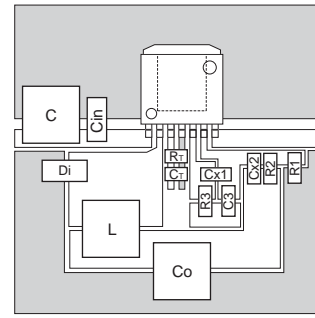


Fig.33 BD9781HFP 参考レイアウトパターン

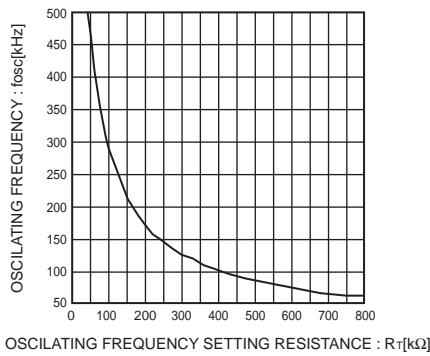


Fig.34 Rt vs fosc (BD9781HFP/BD9778F/HFP)

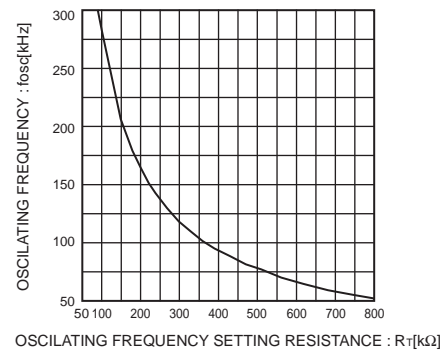


Fig.35 Rt vs fosc (BD9001F)

※ 発振周波数はグラフ値をTypical値として、±20%のばらつきを考慮する必要があります。

● 位相補償設定方法

1. アプリケーションの安定条件について

負帰還フィードバック系の安定条件は次のようになります。

また、DC/DCコンバータアプリケーションはスイッチング周波数によりサンプリングされていますので、全体の系のGBW (ゲイン0dBの周波数)はスイッチング周波数の1/10以下に設定します。まとめると、アプリケーションが目標とする特性は以下のようになります。

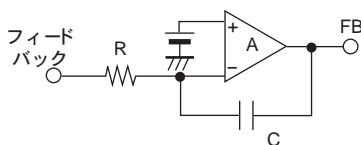
- ・ゲイン1(0dB)時の位相遅れが150°以下(位相マージン30°以上)
- ・GBWがスイッチング周波数の1/10以下

すなわち GBW の制限により応答性が決定されますので、応答性をあげるためにはスイッチング周波数の高周波化が必要となります。

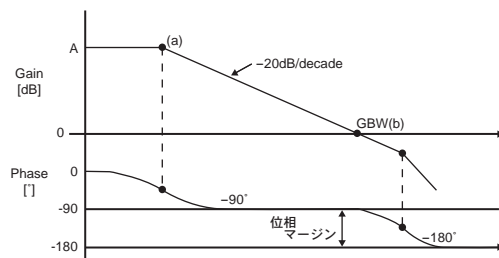
位相補償により安定性を確保するコツは、LC共振によって生じる2次の位相遅れ(-180°)を2次の位相進み(位相進みを2つ入れる)によりキャンセルすることです。

また、GBWはエラーアンプ出力とINV入力間に付ける位相補償容量によって決定されるので、GBWを下げたい場合は容量値を大きくします。

(1) 一般的な積分器(ローパスフィルタ)



(2) 積分器のオープンループ特性



(a)点 $f_a = \frac{1}{2\pi R C_A}$ [Hz]

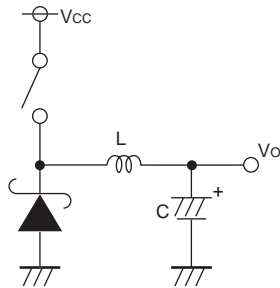
(b)点 $f_b = GBW = \frac{1}{2\pi R C}$ [Hz]

エラーアンプには(1)、(2)のような位相補償が施されるためローパスフィルタとなります。DC/DCコンバータアプリケーションの場合、Rは帰還抵抗の並列となります。

2. 出力容量がESRの大きい電解コンデンサなどの場合

出力容量のESRが大きい(数Ω)場合、位相補償は比較的単純になります。DC/DCコンバータアプリケーションでは必ず出力にLC共振回路が付属するため、その部分での位相遅れが -180° となります。しかし、ESR成分が存在すると $+90^\circ$ の位相進みが発生し位相遅れが -90° となります。位相遅れを 150° 以内にするためには大変有効な手段ですがデメリットとして出力電圧のリプル成分が増加します。

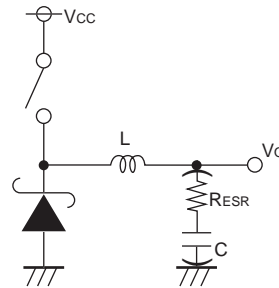
(1) LC共振回路



$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad [\text{Hz}]$$

に共振点位相遅れ -180°

(2) ESR付



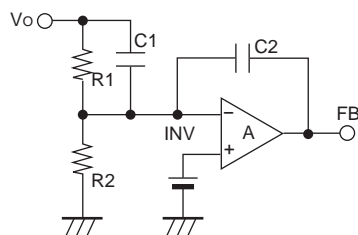
$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad [\text{Hz}] \text{ に共振点}$$

$$f_{\text{ESR}} = \frac{1}{2\pi \text{RESR}C} \quad [\text{Hz}] \text{ に位相進み}$$

位相遅れ -90°

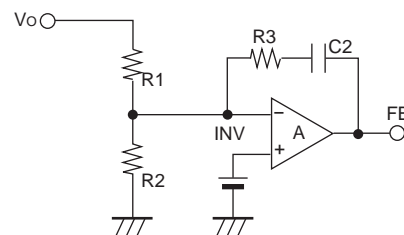
ESRによる位相特性の変化により挿入すべき位相進みは1つとなります。この位相進みは以下のどちらかを選択してください。

(3) 帰還抵抗にC1を挿入



$$\text{位相進み } f_z = \frac{1}{2\pi C1R1} \quad [\text{Hz}]$$

(4) 積分器にR3挿入



$$\text{位相進み } f_z = \frac{1}{2\pi C2R3} \quad [\text{Hz}]$$

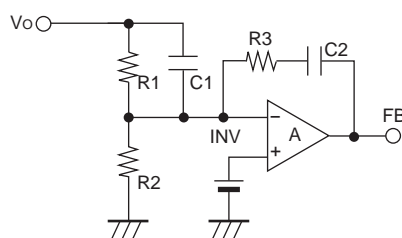
位相進み周波数はLC共振をキャンセルする目的からLC共振周波数付近に設定してください。

なお、この設定は簡易的に求めたもので厳密な計算等行っておりませんので実機での調整が必要となる場合があります。また、これらの特性は基板レイアウト、負荷条件等により変化しますので、量産設計の際には実機での十分な確認をお願いいたします。

3. 出力容量がESRの小さい低インピーダンス電界コンデンサやOSコン等の場合

出力容量のESRが小さい(数十mΩ)場合、前記の場合と違い位相進みを2つ挿入する必要があります。これはLC共振による位相遅れ -180° がみえてくるためです。位相補償の方法を以下に示します。

(1) 2次の位相進みによる位相補償



$$\text{位相進み } f_{z1} = \frac{1}{2\pi R1C1} \quad [\text{Hz}]$$

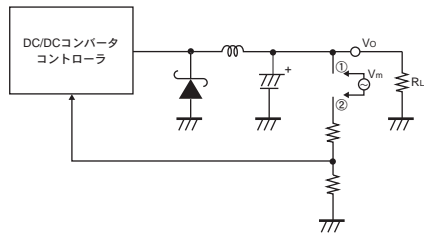
$$\text{位相進み } f_{z2} = \frac{1}{2\pi R3C2} \quad [\text{Hz}]$$

$$\text{LC共振周波数 } f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad [\text{Hz}]$$

位相進み周波数はLC共振をキャンセルする目的からLC共振周波数付近に設定してください。経験則からR3、C2による位相進み周波数 f_{z2} をLC共振周波数 f_r より低く、R1、C1による位相進み周波数 f_{z1} をLC共振周波数 f_r より高く設定すると安定します。

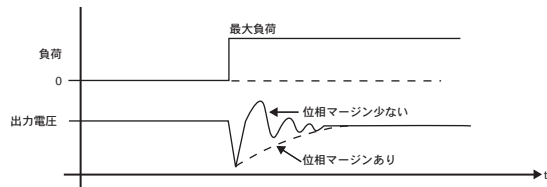
<参考> DC/DCコンバータのオープンループ測定

DC/DCコンバータのオープンループを測定する場合は、ゲイン・フェーズアナライザやFRAを使用し周波数特性を測定します。



<手順>

1. 閉ループで最大負荷にて出力が発振しないことを確認する。
2. ①、②を切り離しVm(振幅は100mVpp程度)を挿入する。
3. ②の揺れに対する①の揺れを測定(プローブ)する。



また、負荷応答性によっても位相マージンを測定できます。負荷を無負荷から最大負荷に瞬間的に変動させた時の出力電圧の変動を測定します。リングングを起こした場合、位相マージンが少なく、リングングが起らなかった場合位相マージンがあるとと言えます。ただし、具体的な位相マージンは確認出来ません。

● 熱損失について

熱設計において、次の条件内で動作させてください。
(下記温度は保証温度ですので、必ずマージン等を考慮してください。)

1. 周囲温度Taが125℃以下であること。
2. チップジャンクション温度Tjが150℃以下であること。

チップジャンクション温度Tjは以下の2通りで考えることができます。

①実使用状態でのIC表面温度Tcから求める場合
 $T_j = T_c + \theta_{j-c} \times W$

(参考値) θ_{j-c} : HRP7 7℃/W
SOP8 32.5℃/W

②周囲温度Taから求める場合
 $T_j = T_a + \theta_{j-a} \times W$

(参考値) θ_{j-a} : HRP7	89.3℃/W	IC単体
	54.3℃/W	2層基板(基板裏面銅箔面積: 15×15mm ²)
	22.7℃/W	2層基板(基板裏面銅箔面積: 70×70mm ²)
		基板サイズ 70×70×1.6mm ³ (基板にサーマルビア有り)
		基板表面銅箔面積: 10.5×10.5mm ²
SOP8	222.2℃/W	IC単体
	181.8℃/W	1層基板
		基板サイズ 70×70×1.6mm ³

ICの熱損失Wは以下の式で求められます。

$$W = R_{on} \times I_o^2 \times \frac{V_o}{V_{IN}} + V_{IN} \times I_{cc} + T_r \times V_{IN} \times I_o \times f$$

Ron: ICのON抵抗(4, 5ページ参照) I_o: 負荷電流
Vo: 出力電圧 VIN: 入力電圧 I_{cc}: 回路電流(2, 3ページ参照)
Tr: スイッチング立ち上がり/下がり時間(約40nsec)
f: 発振周波数



- ① $R_{on} \times I_o^2$
- ② $2 \times \frac{1}{2} \times Tr \times \frac{1}{T} \times V_{IN} \times I_o$
 $= Tr \times V_{IN} \times I_o \times f$

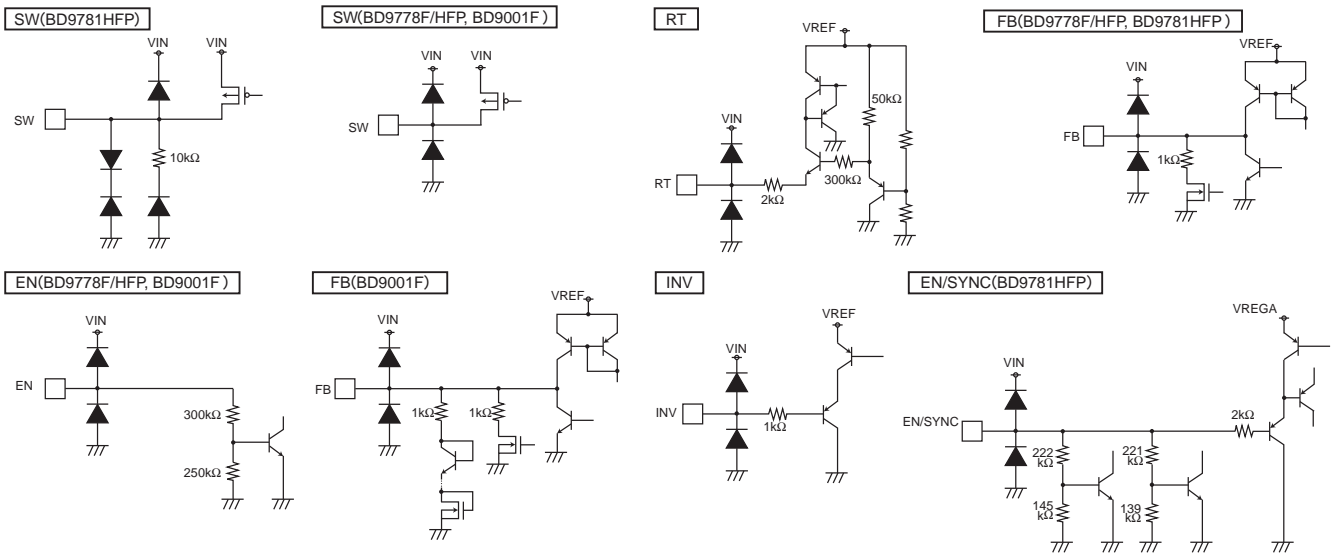


Fig.36 入出力等価回路図

● 使用上の注意

1. 印加電圧及び動作温度範囲等の絶対最大定格を超えた場合、破壊の可能性があります。破壊した場合、ショートモードもしくはオープンモード等特定できませんので絶対最大定格を超えるような特殊モードが想定される場合、ヒューズ等物理的な安全対策を施すようお願い致します。なお、電源立ち上げの際のVIN電圧の急峻な変動(10V/μsec以上)は、ICの誤動作、破壊の可能性があります、絶対に避けてください。
2. GND電位について
GND端子の電位はいかなる動作状態においても、最低電位になるようにしてください。
3. 熱設計について
実際の使用状態での許容損失(Pd)を考え、十分マージンを持った熱設計を行ってください。
4. 端子間ショートと誤装着について
セット基板に取り付ける際、ICの向きや位置ずれに十分注意してください。誤って取り付けた場合、ICが破壊する恐れがあります。また、入出力間や出力と電源-GND間に異物が入るなどしてショートした場合についても破壊の可能性があります。
5. 強電磁界中での動作について
強電磁界中のご使用では、誤動作をする可能性がありますのご注意ください。
6. セット基板での検査について
セット基板での検査時に、インピーダンスの低いピンにコンデンサを接続する場合は、ICにストレスがかかる恐れがあるので、1工程ごとに必ず放電を行ってください。また、静電気対策として、組み立て工程にはアースを施し、運搬や保存の際には十分にご注意ください。また、検査工程での治具への接続をする際には必ず電源をOFFにしてから接続し、電源をOFFにしてから取り外してください。
7. 本ICはモノリシックICであり、Fig.37のようにP基板(サブストレート)と、各素子間にP+アイソレーションを有しています。このP層と各素子のN層とでP-N接合が形成され、電位関係が、
・GND>端子A,GND>端子Bの時P-N接合が寄生ダイオードとして、
・端子B>GND端子Aの時P-N接合が寄生トランジスタとして動作します。
寄生素子は、ICの構造上必然的に出来るものです。寄生素子の動作は、回路間の相互干渉を引き起こし、誤動作、ひいては破壊の原因ともなります。したがって、入力端子にGND(P基板)より低い電圧を印加するなど、寄生素子が動作するような使い方をしないよう十分に注意してください。

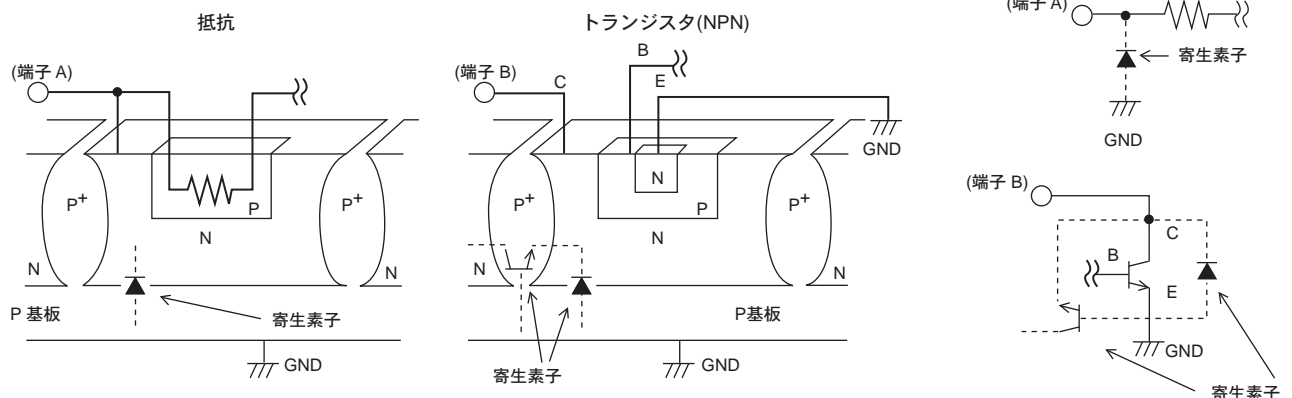


Fig.37 モノリシックICの簡易構造例

8. GND配線パターンについて

小信号GNDと大電流GNDがある場合、大電流GNDパターンと小信号GNDパターンは分離し、パターン配線の抵抗分と大電流による電圧変化が小信号GNDの電圧を変化させないように、セットの基準点で一点アースすることを推奨します。外付部品のGNDの配線パターンを変動しないよう注意してください。

9. 温度保護(サーマルシャットダウン)回路について

ICを熱破壊から防ぐための温度保護回路を内蔵しております。許容損失範囲内でご使用していただきますが、万が一許容損失を超えた状態が継続すると、チップ温度 T_J が上昇し温度保護回路が動作し出力パワー素子がOFFします。その後チップ温度 T_J が低下すると回路は自動で復帰します。

なお、温度保護回路は絶対最大定格を超えた状態での動作となりますので、温度保護回路を使用したセット設計等は、絶対に避けてください。

10. アプリケーションにおいてVINと各端子電圧が逆になるモードが存在する場合、内部回路を損傷する可能性があります。

例えば、外付けコンデンサに電荷がチャージされた状態で、VINがGNDにショートされた場合など。VIN直列に逆流防止のダイオードもしくは各端子とVIN間にバイパスのダイオードを挿入することを推奨します。

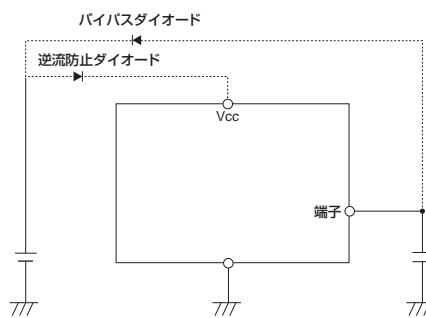


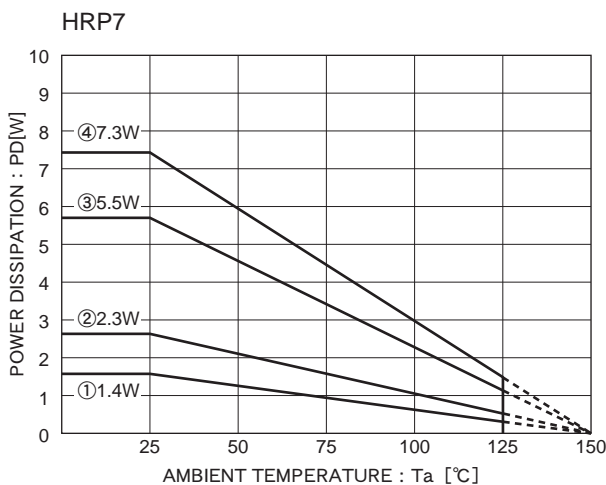
Fig.38

11. 出力コンデンサにセラミックコンデンサ等ESRの小さいコンデンサを使用した場合、出力リップル電圧が小さくなり、

SW端子出力や出力電圧が安定しない場合があります。出力コンデンサと直列にESR0.1Ω程度を追加し、対策して下さい。

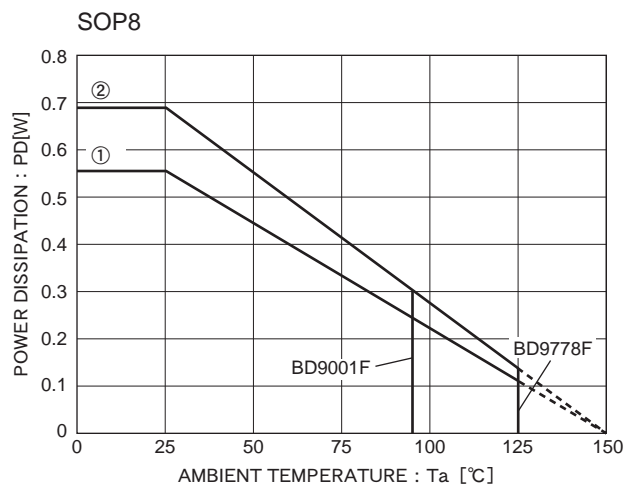
なお、必要なESR値は使用条件や基板レイアウトの引き回し、使用する部品等により変化するため、実機にて十分な検証をお願いします。

● 熱軽減特性



- ① IC単体
基板サイズ : 70×70×1.6mm³(基板にサーマルビア有り)
基板表面銅箔面積 : 10.5×10.5mm²
- ② 2層基板(基板裏面銅箔面積 : 15×15mm²)
- ③ 2層基板(基板裏面銅箔面積 : 70×70mm²)
- ④ 4層基板(基板裏面銅箔面積 : 70×70mm²)

Fig.39



- ① IC単体
- ② ローム標準基板実装時
(70mm×70mm×1.6mm ガラスエポキシ基板)

Fig.40

ご注意

ローム製品取扱い上の注意事項

- 極めて高度な信頼性が要求され、その故障や誤動作が人の生命、身体への危険もしくは損害、又はその他の重大な損害の発生に関わるような機器又は装置（医療機器^(Note 1)、航空宇宙機器、原子力制御装置等）（以下「特定用途」という）への本製品のご使用を検討される際は事前にローム営業窓口までご相談くださいますようお願い致します。ロームの文書による事前の承諾を得ることなく、特定用途に本製品を使用したことによりお客様又は第三者に生じた損害等に関し、ロームは一切その責任を負いません。

(Note 1) 特定用途となる医療機器分類

日本	USA	EU	中国
CLASS III	CLASS III	CLASS II b	Ⅲ類
CLASS IV		CLASS III	

- 半導体製品は一定の確率で誤動作や故障が生じる場合があります。万が一、誤動作や故障が生じた場合であっても、本製品の不具合により、人の生命、身体、財産への危険又は損害が生じないように、お客様の責任において次の例に示すようなフェールセーフ設計など安全対策をお願い致します。
 - ①保護回路及び保護装置を設けてシステムとしての安全性を確保する。
 - ②冗長回路等を設けて単一故障では危険が生じないようにシステムとしての安全を確保する。
- 本製品は、下記に例示するような特殊環境での使用を配慮した設計はなされておられません。したがって、下記のような特殊環境での本製品のご使用に関し、ロームは一切その責任を負いません。本製品を下記のような特殊環境でご使用される際は、お客様におかれまして十分に性能、信頼性等をご確認ください。
 - ①水・油・薬液・有機溶剤等の液体中でのご使用
 - ②直射日光・屋外暴露、塵埃中でのご使用
 - ③潮風、Cl₂、H₂S、NH₃、SO₂、NO₂等の腐食性ガスの多い場所でのご使用
 - ④静電気や電磁波の強い環境でのご使用
 - ⑤発熱部品に近接した取付け及び当製品に近接してビニール配線等、可燃物を配置する場合
 - ⑥本製品を樹脂等で封止、コーティングしてのご使用
 - ⑦はんだ付けの後に洗浄を行わない場合(無洗浄タイプのフラックスを使用された場合も、残渣の洗浄は確実にを行うことをお勧め致します)、又ははんだ付け後のフラックス洗浄に水又は水溶性洗浄剤をご使用の場合
 - ⑧結露するような場所でのご使用
- 本製品は耐放射線設計はなされておられません。
- 本製品単体品の評価では予測できない症状・事態を確認するためにも、本製品のご使用にあたってはお客様製品に実装された状態での評価及び確認をお願い致します。
- パルス等の過渡的な負荷（短時間での大きな負荷）が加わる場合は、お客様製品に本製品を実装した状態で必ずその評価及び確認の実施をお願い致します。また、定常時での負荷条件において定格電力以上の負荷を印加されますと、本製品の性能又は信頼性が損なわれるおそれがあるため必ず定格電力以下でご使用ください。
- 電力損失は周囲温度に合わせてディレーティングしてください。また、密閉された環境下でご使用の場合は、必ず温度測定を行い、最高接合部温度を超えていない範囲であることをご確認ください。
- 使用温度は納入仕様書に記載の温度範囲内であることをご確認ください。
- 本資料の記載内容を逸脱して本製品をご使用されたことによって生じた不具合、故障及び事故に関し、ロームは一切その責任を負いません。

実装及び基板設計上の注意事項

- ハロゲン系（塩素系、臭素系等）の活性度の高いフラックスを使用する場合、フラックスの残渣により本製品の性能又は信頼性への影響が考えられますので、事前にお客様にてご確認ください。
- はんだ付けは、表面実装製品の場合リフロー方式、挿入実装製品の場合フロー方式を原則とさせていただきます。なお、表面実装製品をフロー方式での使用をご検討の際は別途ロームまでお問い合わせください。
その他、詳細な実装条件及び手はんだによる実装、基板設計上の注意事項につきましては別途、ロームの実装仕様書をご確認ください。

応用回路、外付け回路等に関する注意事項

1. 本製品の外付け回路定数を変更してご使用になる際は静特性のみならず、過渡特性も含め外付け部品及び本製品のバラツキ等を考慮して十分なマージンをみて決定してください。
2. 本資料に記載された応用回路例やその定数などの情報は、本製品の標準的な動作や使い方を説明するためのもので、実際に使用する機器での動作を保証するものではありません。したがって、お客様の機器の設計において、回路やその定数及びこれらに関連する情報を使用する場合には、外部諸条件を考慮し、お客様の判断と責任において行ってください。これらの使用に起因しお客様又は第三者に生じた損害に関し、ロームは一切その責任を負いません。

静電気に対する注意事項

本製品は静電気に対して敏感な製品であり、静電放電等により破壊することがあります。取り扱い時や工程での実装時、保管時において静電気対策を実施のうえ、絶対最大定格以上の過電圧等が印加されないようにご使用ください。特に乾燥環境下では静電気が発生しやすくなるため、十分な静電対策を実施ください。（人体及び設備のアース、帯電物からの隔離、イオナイザの設置、摩擦防止、温湿度管理、はんだごてのこて先のアース等）

保管・運搬上の注意事項

1. 本製品を下記の環境又は条件で保管されますと性能劣化やはんだ付け性等の性能に影響を与えるおそれがありますのでこのような環境及び条件での保管は避けてください。
 - ① 潮風、Cl₂、H₂S、NH₃、SO₂、NO₂等の腐食性ガスの多い場所での保管
 - ② 推奨温度、湿度以外での保管
 - ③ 直射日光や結露する場所での保管
 - ④ 強い静電気が発生している場所での保管
2. ロームの推奨保管条件下におきましても、推奨保管期限を超過した製品は、はんだ付け性に影響を与える可能性があります。推奨保管期限を超過した製品は、はんだ付け性を確認したうえでご使用頂くことを推奨します。
3. 本製品の運搬、保管の際は梱包箱を正しい向き（梱包箱に表示されている天面方向）で取り扱ってください。天面方向が遵守されずに梱包箱を落下させた場合、製品端子に過度なストレスが印加され、端子曲がり等の不具合が発生する危険があります。
4. 防湿梱包を開封した後は、規定時間内にご使用ください。規定時間を超過した場合はベーク処置を行ったうえでご使用ください。

製品ラベルに関する注意事項

本製品に貼付されている製品ラベルにQRコードが印字されていますが、QRコードはロームの社内管理のみを目的としたものです。

製品廃棄上の注意事項

本製品を廃棄する際は、専門の産業廃棄物処理業者にて、適切な処置をしてください。

外国為替及び外国貿易法に関する注意事項

本製品は、外国為替及び外国貿易法に定めるリスト規制貨物等に該当するおそれがありますので、輸出する場合には、ロームへお問い合わせください。

知的財産権に関する注意事項

1. 本資料に記載された本製品に関する応用回路例、情報及び諸データは、あくまでも一例を示すものであり、これらに関する第三者の知的財産権及びその他の権利について権利侵害がないことを保証するものではありません。
2. ロームは、本製品とその他の外部素子、外部回路あるいは外部装置等（ソフトウェア含む）との組み合わせに起因して生じた紛争に関して、何ら義務を負うものではありません。
3. ロームは、本製品又は本資料に記載された情報について、ロームもしくは第三者が所有又は管理している知的財産権その他の権利の実施又は利用を、明示的にも黙示的にも、お客様に許諾するものではありません。ただし、本製品を通常の用法にて使用される限りにおいて、ロームが所有又は管理する知的財産権を利用されることを妨げません。

その他の注意事項

1. 本資料の全部又は一部をロームの文書による事前の承諾を得ることなく転載又は複製することを固くお断り致します。
2. 本製品をロームの文書による事前の承諾を得ることなく、分解、改造、改変、複製等しないでください。
3. 本製品又は本資料に記載された技術情報を、大量破壊兵器の開発等の目的、軍事利用、あるいはその他軍事用途目的で使用しないでください。
4. 本資料に記載されている社名及び製品名等の固有名詞は、ローム、ローム関係会社もしくは第三者の商標又は登録商標です。

一般的な注意事項

1. 本製品をご使用になる前に、本資料をよく読み、その内容を十分に理解されるようお願い致します。本資料に記載される注意事項に反して本製品をご使用されたことによって生じた不具合、故障及び事故に関し、ロームは一切その責任を負いませんのでご注意願います。
2. 本資料に記載の内容は、本資料発行時点のものであり、予告なく変更することがあります。本製品のご購入及びご使用に際しては、事前にローム営業窓口で最新の情報をご確認ください。
3. ロームは本資料に記載されている情報は誤りがないことを保証するものではありません。万が一、本資料に記載された情報の誤りによりお客様又は第三者に損害が生じた場合においても、ロームは一切その責任を負いません。