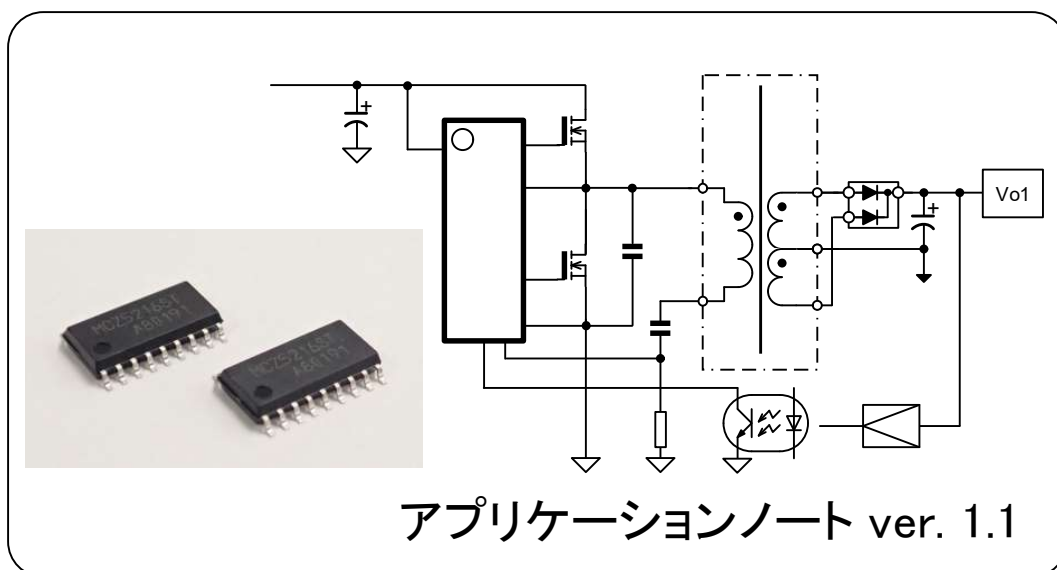


Xコン放電機能付スタンバイ対応
LLC電流共振ブリッジコンバータ
制御 IC

MCZ5216ST











アプリケーションノート ver. 1.1

新電元工業株式会社


使用上の注意


このたびは、弊社製品をご使用いただき誠にありがとうございます。
当 IC をご使用の際は、お客様の安全を確保するため下記の警告ならびに注意を必ず守ってご使用下さい。

警告		誤った取り扱いをしたときに死亡や重大な人身事故および大きな物的損害に結びつく危険性のあるもの。
注意		誤った取り扱いをしたときに軽傷に結びつく恐れ、または軽微な物損事故に結びつく恐れのあるもの。

警告		当 IC は、一般電子機器(事務機器・通信機器・計測機器・家電製品等)に使用されることを意図しております。誤動作や事故が直接人体や生命を脅かす恐れのある医療器、航空宇宙機、列車、輸送機器(車載、船舶等)、原子力等の制御機器には使用しないで下さい。一般電子機器以外にご使用になる場合は弊社までご相談下さい。
注意		修理や改造は、重大な事故につながりますので、絶対にやめて下さい。 《感電、破壊、火災、誤動作等の危険があります。》
		異常時は出力端子に過大電圧が発生したり、電圧低下となる場合があります。異常時の、負荷の誤動作や破壊等を想定した保護対策(過電圧保護、過電流保護等の保護対策)を最終機器に組み込んで下さい。
		入力端子、出力端子の極性を確認し誤接続の無いことを確認してから通電して下さい。 《保護素子が切れたり、発煙・発火の原因になります。》
		決められた入力電圧を必ず守っていただくとともに、入力ラインに必ず保護素子を挿入して下さい。 《異常時には発煙・発火の危険があります。》
		使用中に故障または、異常が発生した時は、すぐに入力を遮断して電源を停止させて下さい。また、直ちに弊社にご相談下さい。

- 本資料に記載されている内容は、製品改良などのためお断りなしに変更することがありますのでご了承下さい。
- 御使用頂く際には、仕様書の取り交わしをして頂きます様お願いします。
- ここに記載されたすべての資料は正確かつ信頼し得るものでありますが、これらの資料の使用によって起因する損害または特許権その他権利の侵害に関しては、当社は一切その責任を負いません。
- 本資料によって第三者または当社の特許権その他権利の実施に対する保証または実施権の許諾を行うものではありません。
- 本資料の一部または全部を当社に無断で転載または複製することを堅くお断りいたします。

当社は、品質と信頼性の向上に絶えず努めていますが、半導体製品はある確率で故障が発生したり、誤動作する場合があります。必要に応じ、安全性を考慮した冗長設計、延焼防止設計、誤動作防止設計等の手段により結果として人身事故、火災事故、社会的な損害等が防止できるようご検討下さい。

本資料に記載されている当社半導体製品は、特別に高い品質・信頼性が要求され、その故障や誤動作が直接人命を脅かしたり、人体に危害を及ぼす恐れのある機器あるいはシステムに用いられることを目的として設計、製造されたものではありません。下記の特別用途、特定用途の機器、装置にご使用の場合には必ず当社へご連絡の上、確認を得て下さい。

特別用途

輸送機器(車載、船舶等)、基幹用通信機器、交通信号機器、防災/防犯機器、各種安全機器、医療機器等

特定用途

原子力制御システム、航空機器、航空宇宙機器、海底中継器、生命維持のための装置等

なお、IC 製品に関しては、特別用途・特定用途に限らず、連続運転を前提として長期製品寿命を期待される機器、装置にご使用される場合に関しては当社へお問い合わせ下さい。

当社は IC 製品を安全に使っていただくために回路支援をいたしています。弊社担当営業または営業企画にお問い合わせ下さい。

1 : 概要	
1.1: 特長	4
1.2: ブロック図	5
1.3: 端子配置図	6
1.4: 各ピン機能一覧	6
2 : 基本動作の説明	
2.1: 各動作制御方法	
2.1.1: 入力電圧検出モード	7
2.1.2: 発振器制御方法・動作モード	8
2.1.3: 起動回路	9
2.2: AC 入力電圧検出モード動作説明	
2.2.1: 電源供給部 (AC 入力電圧検出モード)	11
2.2.2: X コンデンサ放電・入力電圧検出機能 (LS、Vsen 端子)	12
2.3: DC 入力電圧検出モード動作説明	
2.3.1: 電源供給部 (DC 入力電圧検出モード)	13
2.4: 各モード共通 端子動作説明	
2.4.1: ゲートドライバ出力 (VGL、VGH 端子)	15
2.4.2: 発振制御部 (FB 端子)	16
2.4.3: 過電流保護機能 (CS、CSO 端子)	18
2.4.4: OCP2 の入力電圧補正 (CS 端子)	22
2.4.5: ソフトスタート、起動時 di/dt 保護、ラッチ停止機能 (SST 端子)	24
2.4.6: ハイサイドドライバ電源 (VB 端子)	27
2.4.7: 軽負荷領域損失改善機能 (ASTBY、Burst 端子)	27
2.4.7.1 : アクティブスタンバイ機能	28
2.4.7.2 : パースト機能	31
2.4.8: 過熱保護機能 (TSD 機能)	33
2.4.9: Vc1 過電圧保護機能 (Vc1 OVP 機能)	33
2.5: 参考	34
3 : 周辺回路定数の決定	
3.1: AC 入力電圧検出モード時の入力監視電圧部 (LS、Vsen 端子)	35
3.2: DC 入力電圧検出モード時の入力監視電圧部 (Vsen 端子)	37
3.3: 発振制御部 (FB 端子)	38
3.4: ソフトスタートおよび異常時のタイマ充電時間の調整 (SST 端子)	40
3.5: 過電流保護(OCP、di/dt)ポイントの調整 (CS、CSO 端子)	41
3.6: アクティブスタンバイ使用時の回路定数の設定	42
3.7: パースト使用時の回路定数の設定	42
4 : IC 周辺パターンレイアウト注意点	
4.1: IC 周辺パターンレイアウト注意点	44
5 : 回路例	
5.1: 代表回路図	46
6 : 外形寸法図	
6.1: SOP18 (MCZ5216ST)	47

1 概要

MCZ5216ST は周波数変調タイプの電流共振電源制御用 IC です。

600V 耐圧の高耐圧自己起動端子(ドレインキック機能)を搭載しており、無損失起動が可能です。また、高耐圧ゲートドライバを有しており、ハイサイド MOSFET の直接駆動が可能です。

Xコンデンサ放電機能を搭載することにより、Xコンデンサ放電抵抗を追放でき、スタンバイ電力のさらなる低減を実現できます。また、2種類の入力検出モードを搭載することで AC 入力もしくはブリッジダイオード整流後の LLC 部入力のいずれかの入力を検出することができます。(Xコンデンサ放電機能は AC 入力のみ対応。)

さらに、過電流保護機能や共振はずれ保護(Capacitive Mode Protection)機能等の各種保護機能を備えており、部品点数の削減や高効率化を実現できます。

スタンバイ時の待機電力改善機能(アクティブスタンバイ機能、バースト機能)を搭載しており、全負荷領域にわたって高効率を維持した電源を実現出来ますので以下の製品に最適です。

- LED/有機 EL 等大画面フラット TV 用電源
- レーザープリンタ等の OA 機器用電源
- AC アダプタ等の外付け電源
- 産業機器用電源
- 絶縁型 LED 照明用電源
- オーディオ、プロジェクタ用電源

1.1 特長

1. 600V 耐圧の自己起動端子を搭載し、無損失起動を実現。
2. 高信頼性実績を誇る 600V 耐圧ゲートドライバ内蔵、ハイサイド MOSFET も直接駆動可能。
3. Xコンデンサ放電機能を搭載することにより、放電抵抗損失を削減可能。 **NEW**
4. AC 入力検出モード・DC 入力検出モードを搭載することにより、様々な入力電圧検出が可能。 **NEW**
5. パワーグッド信号により、フォトカプラを介した IC 動作状態の伝達が可能。(AC 入力検出モード) **NEW**
6. LLC コンバータに必要な各種保護機能を搭載。(過電流、タイマラッチ、不足電圧、過熱保護)
7. 共振電流の正負両方向直接検出による過電流保護機能を搭載。
8. 共振電流の正負両方向直接検出による共振はずれ保護機能を搭載。
9. Vc1 耐圧 35V により幅広い入力電圧に対応。
10. MOSFET 駆動電源用レギュレータ(Vc2)を内蔵し、安定ドライブを実現。
11. ハイサイド・ローサイドのゲート出力にそれぞれ独立した電圧低下保護機能(UVLO)を搭載。
12. MOSFET の di/dt ストレスを低減するソフトスタート機能を搭載。
13. Brown Out 等の低入力電圧動作時に動作停止する安全な保護機能を搭載。
14. ピーク負荷に対応した周波数クランプ型の過電流保護機能(OCP2)に電圧補正機能を搭載し、入力電圧による過電流保護動作開始点の依存性を少なくすることで過負荷時のストレスを低減可能。
15. OCP2 動作時のタイマ充電電流を 2 段階に切り替えることにより、数 100ms のピーク負荷時の安定動作や過大なピーク負荷時の安全な保護を実現。
16. アクティブスタンバイ機能を搭載し、軽負荷時の効率改善を実現。
17. 高効率バースト機能を搭載し、スタンバイ負荷時の効率改善を実現。
18. バースト時 fss 入力補正機能搭載でスタンバイ効率のさらなる改善を実現。(DC 入力検出モード) **NEW**
19. 外部信号による即ラッチ停止機能(SST 端子)を搭載。
20. Vc1 OVP 機能(即ラッチ停止)を搭載。
21. 高周波化に適した制御の導入により 500kHz 動作が可能。

1.2 ブロック図

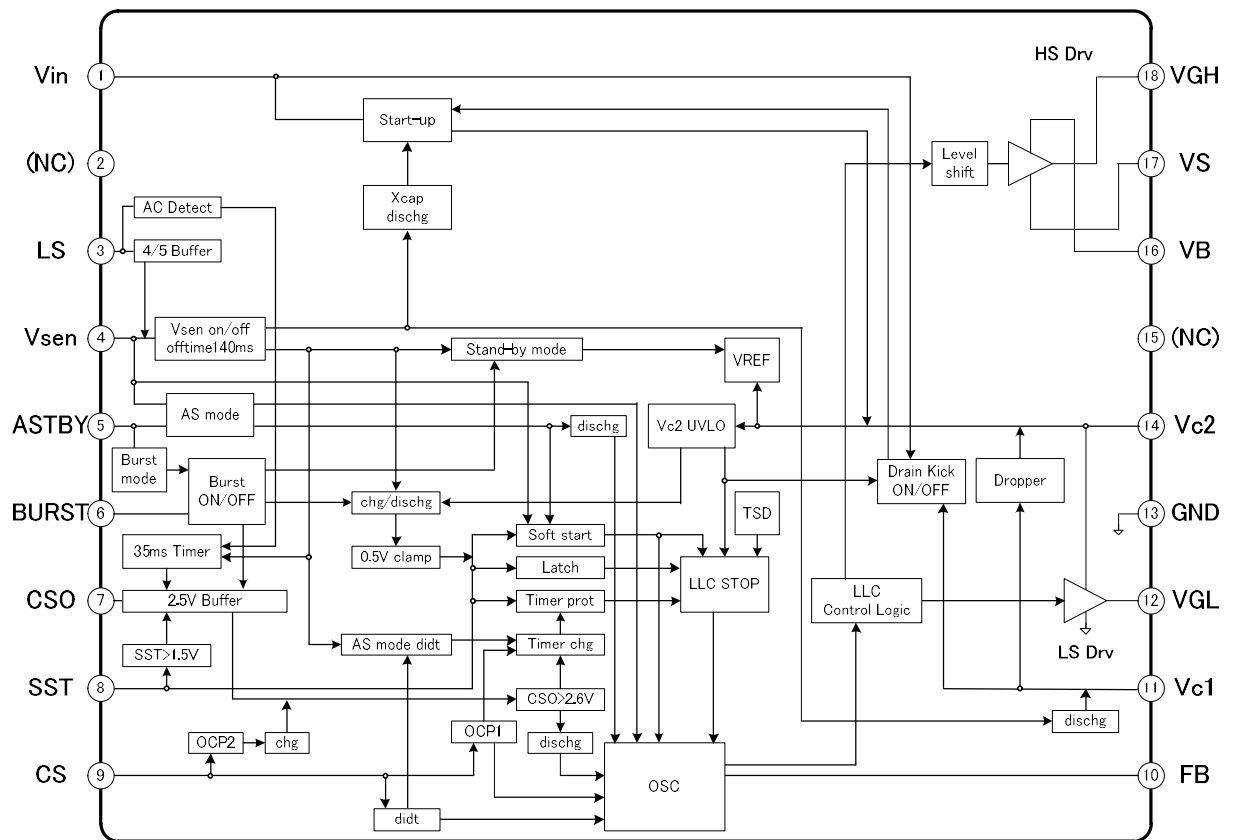
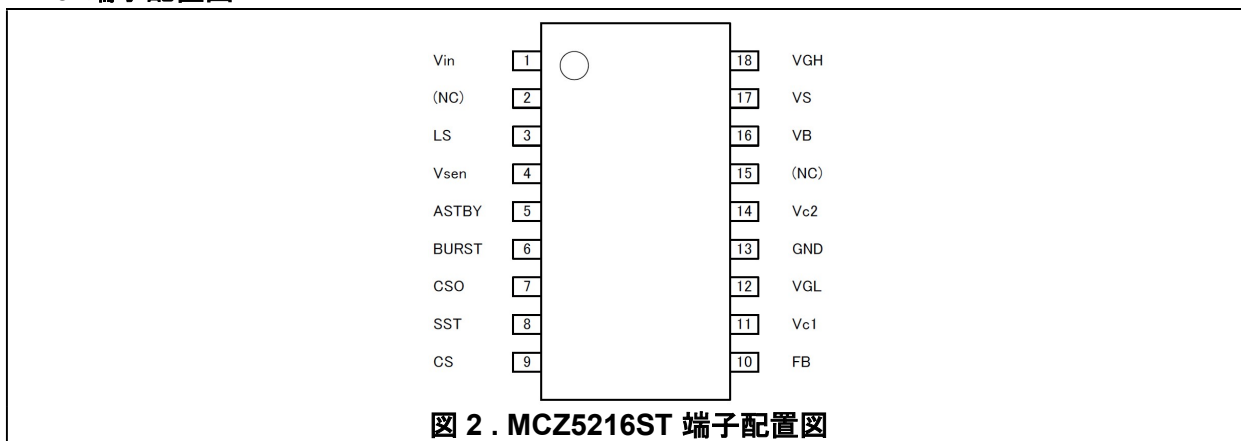


図 1 . MCZ5216ST ブロック図

1.3 端子配置図



1.4 各ピン機能一覧

端子番号	記号	機能
1	Vin	起動回路入力端子、Xコン放電端子 起動回路用の入力端子です。Xコンデンサ放電機能を備えています。
2	(NC)	未接続端子
3	LS	AC 監視、Vsen 電圧供給端子 AC 入力を監視し入力検出モードの判定、Vsen 端子への電圧供給を行います。
4	Vsen	入力電圧検出端子、低入力保護、SS リセット 低入力電圧保護、リモート ON/OFF、SS リセットを行います。
5	ASTBY	アクティブスタンバイ切替端子、バーストモード切替端子 外部信号でアクティブスタンバイモードおよびバーストモードに切り替えます。
6	BURST	バースト動作制御端子 バーストモード時にバースト動作を制御する端子です。
7	CSO	過電流平均化検出応答調整用端子、AC 監視出力端子 OCP 2 検出時の応答を調整する端子です。パワーグッド信号の出力も兼ねます。
8	SST	ソフトスタートと異常検出時の間欠動作コンデンサ接続端子 ソフトスタート時間および OCP1/2 動作時の間欠動作時間を決めます。
9	CS	過電流検出、過電流平均化検出、di/dt(共振はずれ) 検出端子 LLC 部の過電流(OCP1)、過電流平均(OCP2)および di/dt 検出用の端子です。
10	FB	発振器の周波数設定用端子: Duty や動作周波数の制御 出力のフィードバックや各種発振周波数(fmin、fmax、fss)、デッドタイムを設定します。
11	Vc1	Vc2 電源供給端子 Vc2 端子への電源供給を行います。
12	VGL	ローサイドドライバ出力端子 ローサイドゲート駆動用の端子です。
13	GND	GND 端子 IC の GND 接続端子です。
14	Vc2	制御回路、ドライバ用電源出力端子 ゲート駆動用電源出力端子です。
15	(NC)	未接続端子
16	VB	ハイサイドドライバ電源端子 ハイサイドゲート駆動用電源出力端子です。
17	VS	ハイサイドドライバ基準電源端子 ハイサイド MOS のソースおよびローサイド MOS のドレインに接続します。
18	VGH	ハイサイドドライバ出力端子 ハイサイドゲート駆動用の端子です。

2 基本動作の説明

※ 特に指定がない場合、MCZ5216ST のしきい値等は特性仕様書の TYP 値で表記しています。
本アプリケーションノートに記載の特性図についての詳細は特性仕様書の特性図をご覧ください。

2.1 各動作制御方法

本項では MCZ5216ST の各動作モードについて説明します。2.1 項以降の説明において動作モードを指定していない場合、下記の動作モードを基準に記載しております。

入力電圧検出モード	AC 入力電圧検出モード
発振器制御方法	対称制御
動作モード	ノーマルモード

2.1.1 入力電圧検出モード

MCZ5216ST は 2 つの入力電圧検出モードがあります。
それぞれの接続方法を図 3、各検出モード時の各機能を図 4 に示します。

なお、以降の説明では各入力電圧検出モードの表記を略称で記載している場合があります。

- x) AC 入力電圧検出モード … (略称) AC mode
- y) DC 入力電圧検出モード … (略称) DC mode

入力電圧検出モード	x) AC 入力電圧検出モード	y) DC 入力電圧検出モード
想定する接続条件	Xコンデンサ放電機能を使用する時	Xコンデンサ放電機能を使用しない時
接続箇所	ACブリッジダイオード前	ACブリッジダイオード後 OR PFC出力ダイオード後
接続図		

図 3. 入力電圧検出モードの接続方法

入力電圧検出モード	x) AC入力電圧検出モード	y) DC入力電圧検出モード
Vsen ON/OFFしきい値	ノーマルモード : 1.0V / 0.9V AS・バーストモード : 1.0V / 0.9V	ノーマルモード : 3.5V / 3.2V AS・バーストモード : 1.0V / 0.9V
Xコンデンサ放電機能	有効	無効
OCP2入力電圧補正機能	有効	有効 (Vsen電圧に応じて変化)
fss入力電圧補正機能	無効	有効
CSO放電開始遅延時間	35ms	0ms
SST放電開始遅延時間	140ms	0ms

図 4. 入力電圧検出モードの各機能

2.1.2 発振器制御方法・動作モード

MCZ5216ST は 2 つの制御方法と 3 つの発振器動作モードがあります。
各発振器制御方法・動作モードでの動作波形を図 5 に示します。

【発振器制御方法】

a) 対称制御	ハイサイドおよびローサイドのオン幅比が 1:1 の動作モード
b) 非対称制御	ハイサイドおよびローサイドのオン幅比が 1:2 の動作モード

【発振器動作モード】

1) ノーマルモード	定格負荷時の動作モード。2)、3)以外では本モードとなります。 100%負荷などの定格負荷時を想定。
2) アクティブスタンバイモード (以下、AS モード)	ネットワークスタンバイ等のアクティブ待機時の動作モード。 5%~20%負荷などのスタンバイより大きい負荷時を想定。
3) バーストモード	スタンバイ負荷時の動作モード。 0%~5%負荷などのスタンバイ時を想定。

発振器動作モード	ノーマルモード	ASモード	バーストモード
制御方法	対称制御	非対称制御	非対称制御
動作モード	連続動作	連続動作	バースト動作
動作波形			

図 5. 各発振器動作モードにおける動作波形

MCZ5216ST の各動作シーケンスを 2.2 項から 2.4 項に示します。
各部品の定数決定方法は 3 項をご覧ください。

2.1.3 起動回路

MCZ5216ST は起動抵抗を必要としない起動回路を内蔵しております。図 6 に概略図、図 7 に接続方法、図 8 にシーケンス図を示します。

Vin 端子は電源起動時に高圧部から Vc2 端子に接続したコンデンサ C134 を充電するための端子で、高耐圧スイッチで構成されています。

電源起動後は補助巻線 Nc に電圧が発生し、ダイオード D161 を介して Vc1 端子に印加されます。Vc1 端子に発生した電圧は内部ドロップより Vc2 端子に電圧を供給します。

Vin 端子から Vc2 端子に接続したコンデンサ C134 への供給電流は Vc2 端子電圧により変化します。Vc2=1V 時が $I_{dk(on)1}=2.8\text{mA}$ 、Vc2=4V 時が $I_{dk(on)2}=33.0\text{mA}$ です。

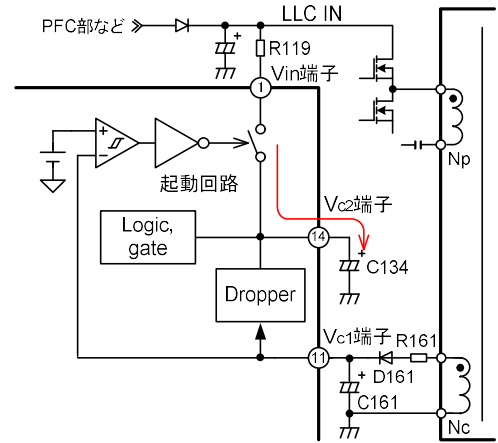


図 6. 自己起動回路の概略図

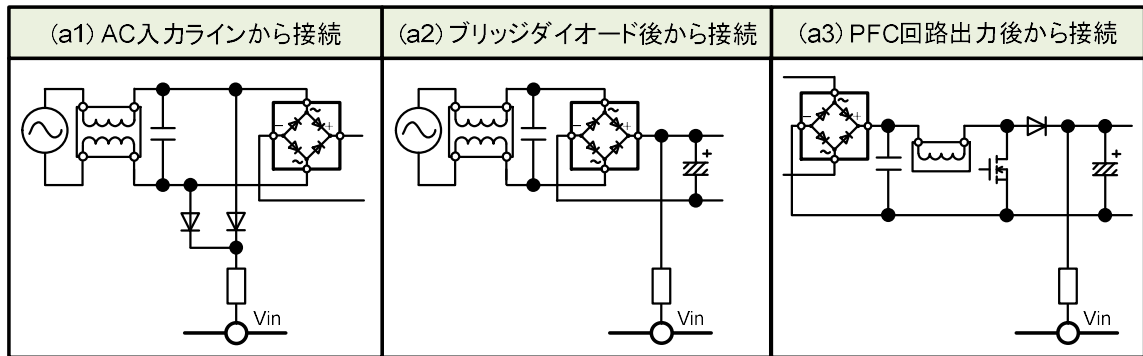
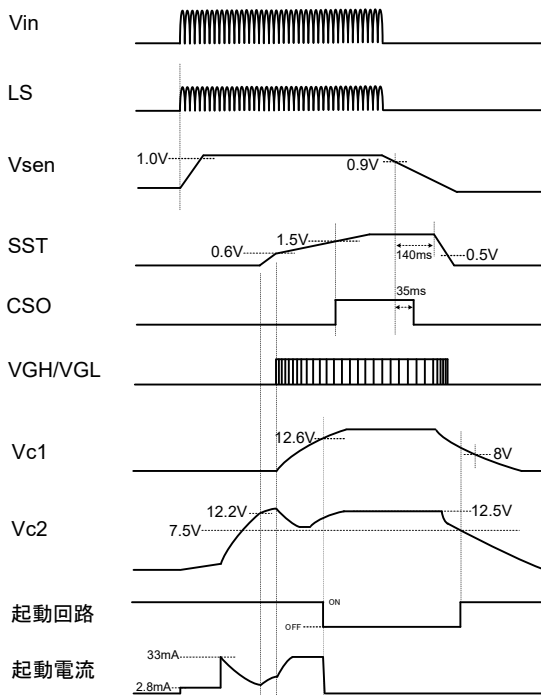


図 7. Vin 端子の接続方法

【AC入力電圧検出モード】



【DC入力電圧検出モード】

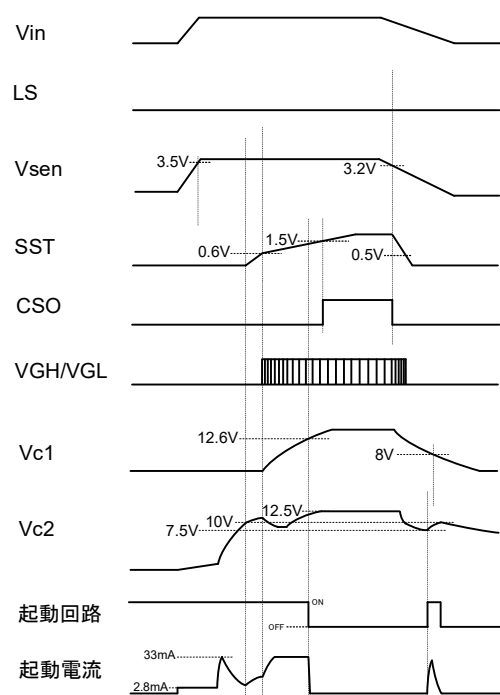


図 8. 各検出モード時の起動シーケンス

【Vin 制限抵抗 R119】

LLC IN 部と Vin 端子間には Vin 端子と他低圧端子が接触等によりショートするアブノーマル状態が想定される場合、図 6 に示す R119 を挿入します。

R119 は起動開始する所望の入力電圧時に Vin 端子に印加される電圧が推奨動作条件 MIN である 50V を下回らないように設計します。(図 9 を参照ください。)

R119 はヒューズ抵抗等を使用し、抵抗値は図 7 の接続方法により下記表 1 を推奨します。最終的にはアブノーマル試験等でご確認をお願いいたします。

表 1. R119 の推奨抵抗値

接続方法	入力条件	推奨抵抗値
(a1)	AC100V 系	100~470ohm
	AC200V 系	1k~2.2kohm
	W/W 系	100~470ohm
(a2)	AC100V 系	100~470ohm
	AC200V 系	1k~2.2kohm
	W/W 系	100~470ohm
(a3)	PFC 昇圧 400V	1k~2.2kohm

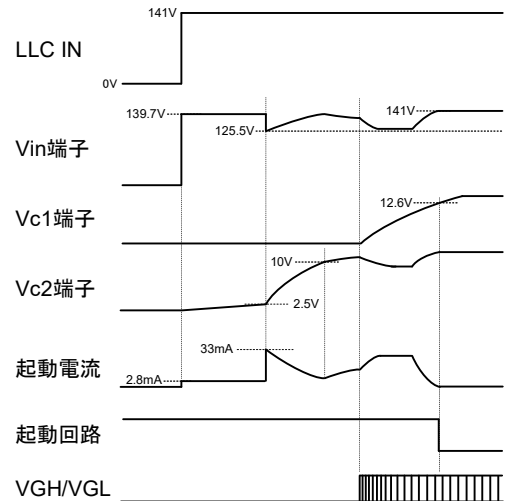


図 9. R119=470ohm 時の起動例

【Vcc 制限抵抗 R161】

補助巻線 Nc と Vc1 端子間には電源起動時の短絡電流を抑制するために制限抵抗 R161 を挿入します。R161 は C161 コンデンサ容量にもよりますが 100u~220uF の場合、1~47ohm 程度を推奨します。

なお、R161 には電源起動時に C161 をチャージする電流が瞬間的に流れますので耐サージ・耐パルス抵抗を使用されることを推奨します。

また、R161 抵抗値を大きくすると電源起動時の短絡電流は抑制されますが、電源起動時やバーストモード時に C161 の電圧が上昇するまでに時間がかかりますので、起動時間やバースト動作を確認の上 R161 抵抗値を調整してください。

表 2. 電源供給部しきい値 各規格値の詳細は特性仕様書をご確認ください。

項目	記号	条件	規格値
ドレインキック供給電流 1	ldk(on)1	Vin=100V、Vc2=1.0V	2.8 mA
ドレインキック供給電流 2	ldk(on)2	Vin=100V、Vc2=4.0V	33 mA
ドレインキック供給電流 1,2 切替 Vc2 電圧	Vc2(dkon12)	ldk=ldk(on)1→ldk(on)2	2.5 V
ドレインキック ON 時 Vc2 電圧	Vc2(dkon)	Vin=100V、Vc1=0V	13.6 V
ドレインキック OFF 時 Vc2 電圧 1	Vc2(dkoff)1	Vc1=16V、Vsen=6V、BURST<Vbst(H/L)	13.3 V
ドレインキック OFF 時 Vc2 電圧 2	Vc2(dkoff)2	Vc1=16V、Vsen=6V、BURST>Vbst(H/L)	12.5 V
ドレインキック停止 Vc1 電圧	Vc1(dkoff)	Vin=100V	12.6 V
ドレインキック再起動 Vc1 電圧	Vc1(dkon)	Vin=100V	8.0 V
Vc2 動作開始電圧 1 (AC 入力検出モード)	Vc2(st)1	LS>Vls(acon)	12.2 V
Vc2 動作開始電圧 2 (DC 入力検出モード)	Vc2(st)2	LS<Vls(acon)	10.0 V
Vc2 動作停止電圧	Vc2(sp)		7.5 V

2.2 AC 入力電圧検出モード動作説明

本項では AC 入力電圧検出モードの動作を示します。

2.2.1 電源供給部 (AC 入力電圧検出モード)

AC 入力電圧検出モードの電源起動時動作シーケンスを図 10 に示します。

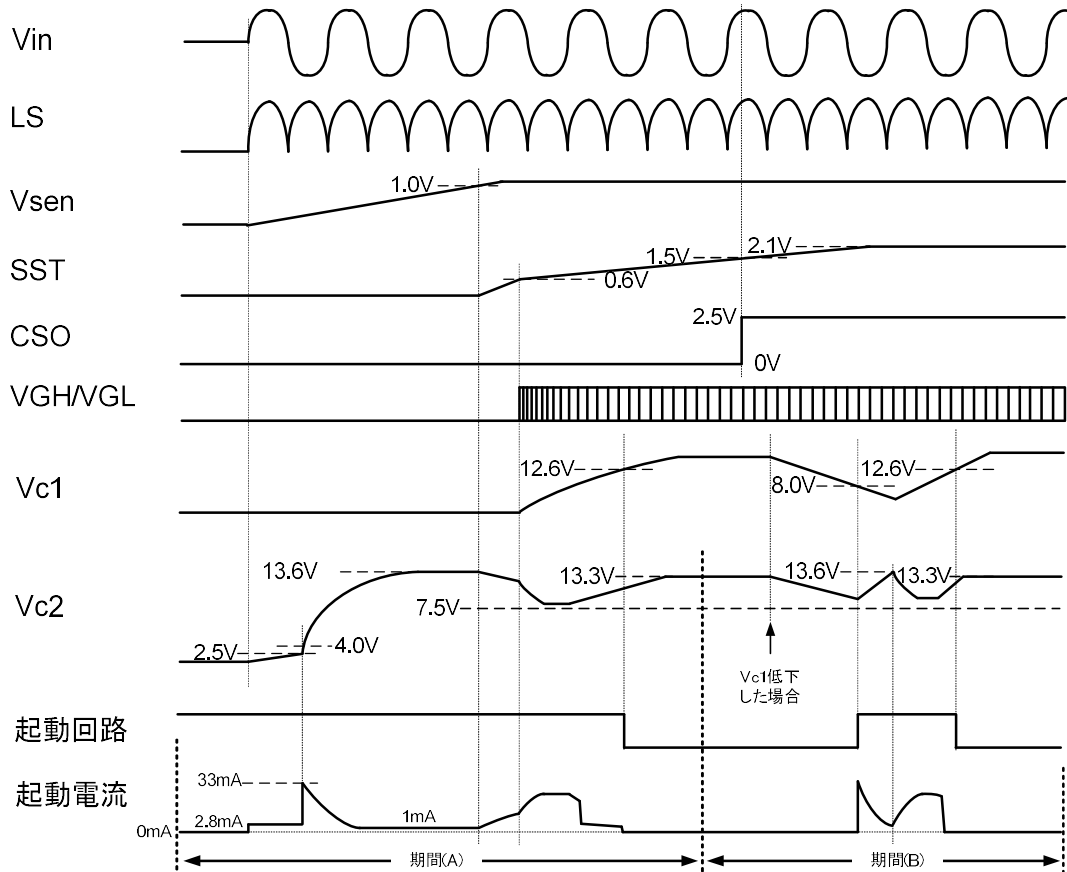


図 10. AC 入力電圧検出モード時起動シーケンス図

【期間(A)】

電源起動時、Vc1 端子電圧が Vc1(dkoff) 12.6V 未満の場合、Vc2 端子電圧は 13.6V になるまで充電されます。Vc2 端子電圧が 12.2V 以上、Vsen 端子電圧が 1.0V 以上になると SST 端子の充電が始まり、SST 端子電圧が Vss(st) 0.6V になると LLC 部ゲートが出力され電源動作を開始します。

電源動作し補助巻線 Nc に電圧が発生するとコンデンサ C161 に充電され Vc1 端子電圧が上昇してきます。Vc1 端子電圧が Vc1(dkoff) 12.6V 以上になると起動回路は切り離されて補助巻線からの供給のみとなります。その場合、Vc2 端子電圧の最大値は Vc2(dkoff) 13.3V にクランプされます。

【期間(B)】

Vc1 端子電圧が Vc1(dkon) 8.0V 以下まで低下した場合、起動回路が再度動作します。なお、Vc2 端子電圧が Vc2(sp) 7.5V まで低下すると MCZ5216ST は停止します。

Vc1 端子および Vc2 端子に接続するコンデンサ C134、C161 は起動・切断などの過渡状態で安定動作する容量を挿入してください。所望の入出力条件にもよりますが、47 μ ~470 μ F 程度を推奨します。

また、C134 および C161 のコンデンサが MCZ5216ST の Vc1 端子および Vc2 端子から遠い場合、Vc1 端子および Vc2 端子にノイズが入り誤動作する可能性があります。その場合、Vc1 端子および Vc2 端子直近に誤動作防止用の 0.1 μ F~1.0 μ F 程度の MLCC を挿入してください。

なお、AC 入力電圧検出モードは自己起動回路を使用した Vc1/Vc2 電源供給を想定しております。自己起動回路を使わずに外部電源より Vc1 端子に印加させて起動する外部 Vcc 起動は出来ません。そのため、AC 入力電圧検出モード使用時は Vin 端子による自己起動回路を接続して起動させてください。

2.2.2 Xコンデンサ放電・入力電圧検出機能 (LS、Vsen 端子)

AC 入力電圧検出モード時は Xコンデンサ放電機能およびパワーグッド信号(CSO 端子)を備えており、AC OFF して Vsen 端子電圧が Vsen2 0.9V 以下になってから 35ms 後に CSO 端子が Low、140ms 後に SST 端子の放電および Xコンデンサ放電機能がオンします。詳細シーケンスを図 11 に示します。

なお、AC 入力電圧検出モードではパワーグッド信号(CSO 端子)が Low になることにより 2 次側に停止信号を伝達し負荷が軽くなることを想定しています。

パワーグッド信号を使用しない場合、Vsen 端子電圧が Vsen2 しきい値以下になってから 140ms 期間中はゲートオン・オフ動作を繰り返しますので、LLC 部入力電圧は低下しやすい方向になります。また、Vsen2 しきい値以下になってから 35ms 経過までは OCP2 動作による周波数制限を行います。35ms 経過後は CSO が Low となりますので、過電流保護機能としては OCP1 および di/dt 保護機能のみとなります。そのため、140ms の間に OCP1 や di/dt 保護が動作し続ける可能性があります。

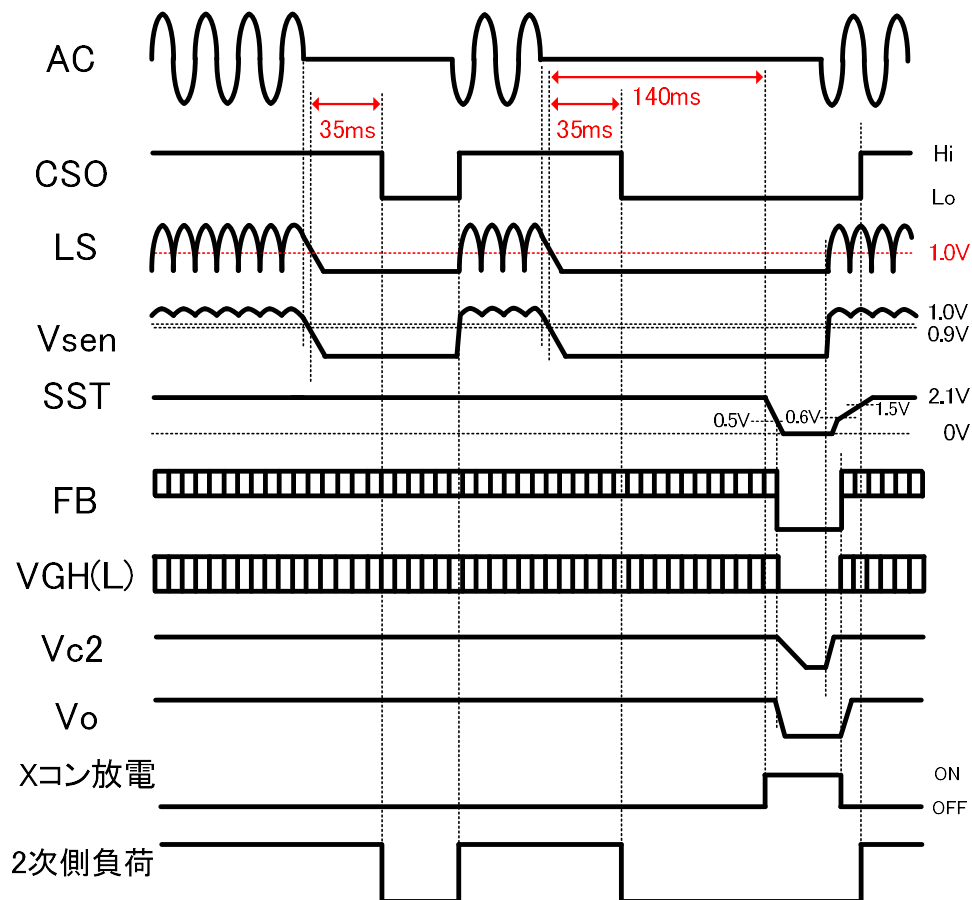


図 11. Xコンデンサ放電機能動作シーケンス

2.3 DC 入力電圧検出モード動作説明

本項では DC 入力電圧検出モードの動作を示します。

2.3.1 電源供給部 (DC 入力電圧検出モード)

DC 入力電圧検出モードの電源起動時動作シーケンスを図 12 に示します。

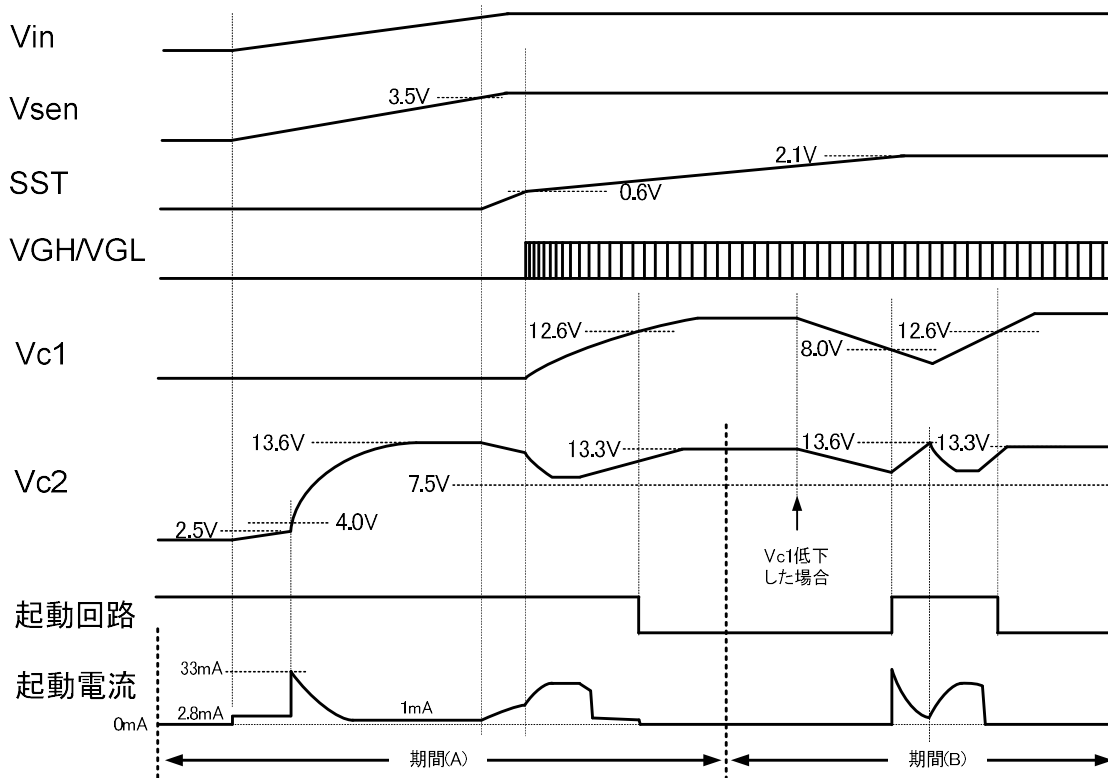


図 12. DC 入力電圧検出モード時起動シーケンス図

【期間(A)】

電源起動時、Vc1 端子電圧が Vc1(dkoff) 12.6V 未満の場合、Vc2 端子電圧は 13.6V になるまで充電されます。Vc2 端子電圧が 10.0V 以上、Vsen 端子電圧が 3.5V 以上になると SST 端子の充電が始まり、SST 端子電圧が Vss(st) 0.6V になると LLC 部ゲートが出力され電源動作を開始します。

電源動作し補助巻線 Nc に電圧が発生するとコンデンサ C161 に充電され Vc1 端子電圧が上昇してきます。Vc1 端子電圧が Vc1(dkoff) 12.6V 以上になると起動回路は切り離されて補助巻線からの供給のみとなります。その場合、Vc2 端子電圧は Vc2(dkoff) 13.3V にクランプされます。

【期間(B)】

Vc1 端子電圧が Vc1(dkon) 8.0V 以下まで低下した場合、起動回路が再度動作します。なお、Vc2 端子電圧が Vc2(sp) 7.5V まで低下すると MCZ5216ST は停止します。

Vc1 端子および Vc2 端子に接続するコンデンサ C134、C161 は起動・切断などの過渡状態で安定動作する容量を挿入してください。所望の入出力条件にもよりますが、47 μ F~470 μ F 程度を推奨します。

なお、DC 入力電圧検出モードで自己起動回路を使わずに外部 Vcc 起動させる場合 C134、C161 のコンデンサ容量は小さくできる可能性があります。Vc1 端子に印加される電圧が安定している場合 C134 は 4.7 μ F~47 μ F 程度、C161 は 10 μ F~100 μ F 程度を推奨します。

また、C134 および C161 のコンデンサが MCZ5216ST の Vc1 端子および Vc2 端子から遠い場合、Vc1 端子および Vc2 端子にノイズが入り誤動作する可能性があります。その場合、Vc1 端子および Vc2 端子直近に誤動作防止用の 0.1 μ F~1.0 μ F 程度の MLCC を挿入してください。

図 13 には DC 入力電圧検出モード時のアクティブスタンバイ ON/OFF 時のシーケンス図を示します。アクティブスタンバイモードの動作シーケンスは後述しますが、Vsen しきい値が変化します。

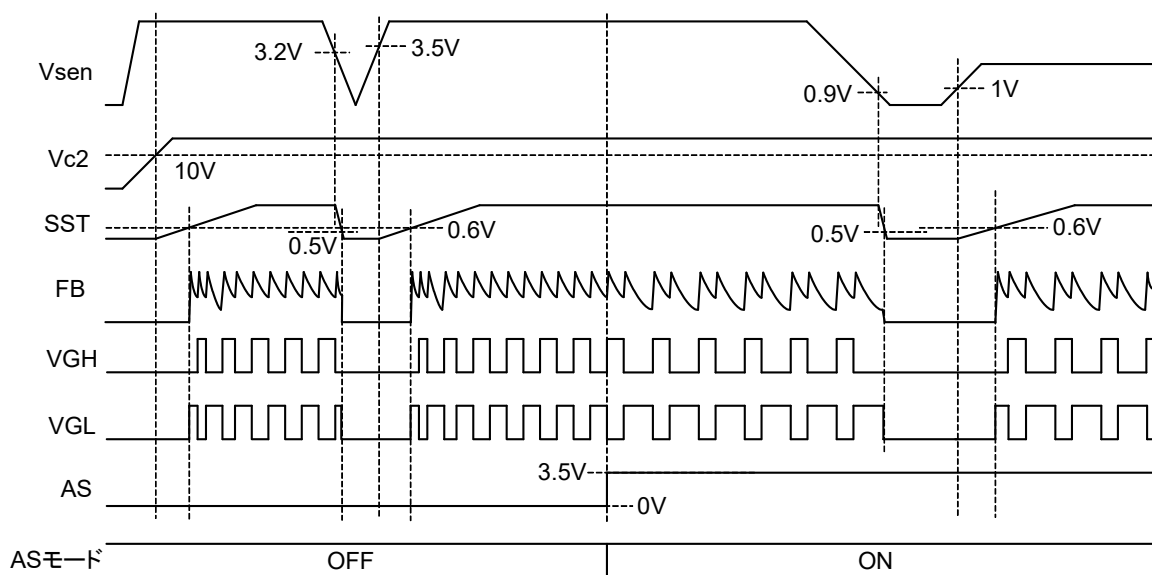


図 13 . Vsen 端子と各出力タイミングチャート(AS OFF および AS ON 動作時)

2.4 各モード共通 端子動作説明

2.4.1 ゲートドライバ出力 (VGL、VGH 端子)

ゲート出力は VGL(ローサイド MOSFET)、VGH(ハイサイド MOSFET)端子より出力されます。ゲート出力タイミングは 2.4.2 項をご覧ください。

LLC ゲートドライバ駆動能力は、0.24A(Source)/0.40A(Sink)です。この値は、信号系誤動作を引き起こさずに MOSFET を十分高速にドライブできるように設計されています。

一般的に用いられる駆動回路の例を図 14(A)に示します。

Qg の大きい MOSFET 等を使用される場合は図 14(B)のようにシンク用のダイオードを接続してください。シンク用のダイオードを使用する場合には小容量ショットキーダイオードなどを用い、スナッピー(ハード)リカバリーダイオードは使用しないでください。弊社 D1NS4(アキシヤル)や M1FM3(面実装)を推奨いたします。

また、ターンオフ時のスイッチングスピードを速くしたい場合は図 14(C)のようにシンクバッファ回路を接続してください。

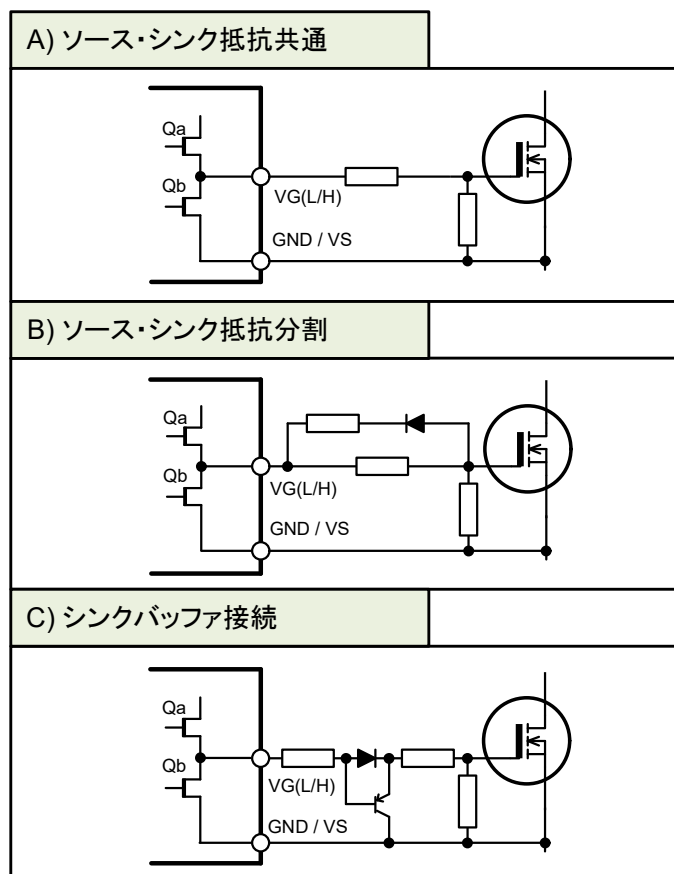


図 14 . ゲート駆動回路例

表 3. ドライブ能力しきい値

各規格値の詳細は特性仕様書をご確認ください。

項目	記号	条件	規格値
ソース駆動能力	lout(so)	VGL=VGH=0V	-240 mA
シンク駆動能力	lout(si)	VGL=VGH=12V	400 mA

2.4.2 発振制御部 (FB 端子)

MCZ5216ST の発振周波数は FB 端子に接続されたコンデンサ C_t の充放電により決定されます。FB 端子電圧と各ゲート出力(VGL、VGH)のオン・オフタイミングを図 15 に示します。

FB 端子電圧が $V_{fb(bottom)}$ 電圧以下になると $I_{fb(chg)}$ により FB 端子に接続された C_t コンデンサの充電を行います。また、FB 端子電圧が $V_{fb(top)}$ 電圧以上になると $I_{fb(chg)}$ による充電が停止し、FB 端子に接続された R_t および FB 抵抗により C_t コンデンサの放電を行います。

FB 端子が放電している期間は VGL、VGH が交互にオン出力します。また、FB 端子が充電している時間は VGL、VGH 出力が同時にオフするデッドタイム(DT)になります。

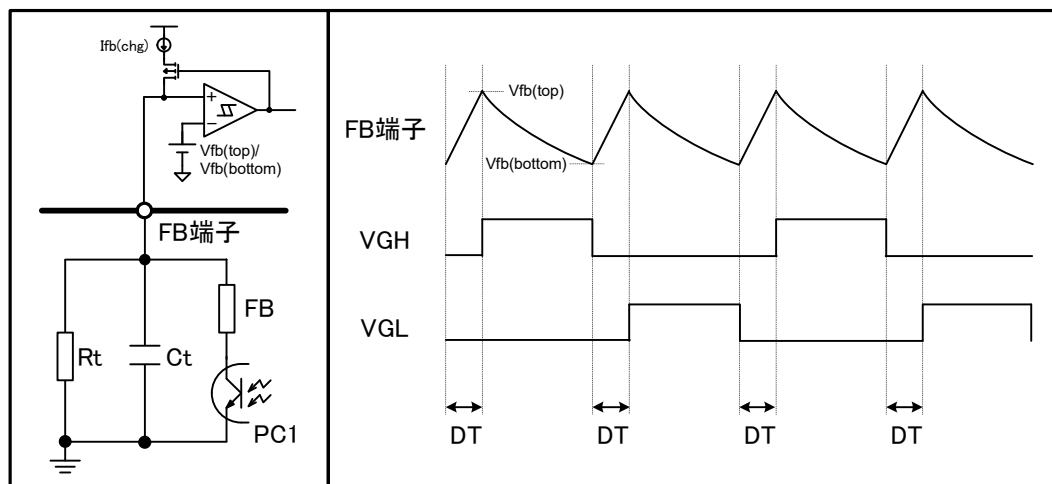


図 15 . FB 端子接続および VGH、VGL 動作波形

各動作モードにおける FB 端子充放電タイミングを図 16 に示します。

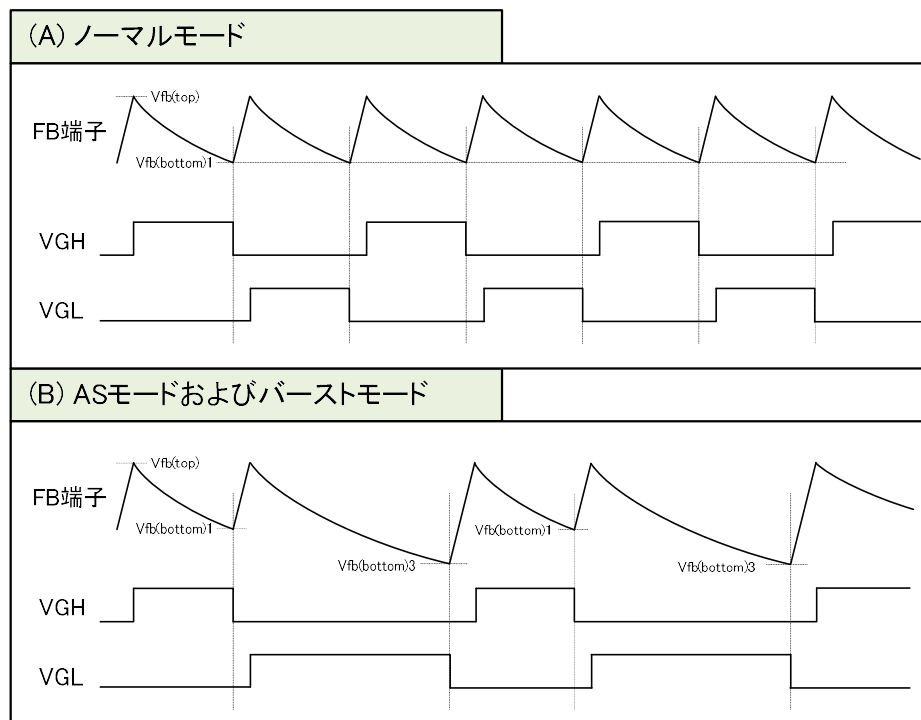


図 16. 各動作モードにおけるゲートオン・オフタイミング

MCZ5216ST は周波数、ON duty 変調タイプです。発振周波数は FB 端子の電流によって制御されます。図 17 の Rt 抵抗値と発振周波数の関係のように Rt 抵抗値を小さくする(FB 端子に流れる電流が大きくなる)ことにより発振周波数が高くなります。

図 17 の発振周波数とデッドタイムの関係の通り、デッドタイムは発振周波数に応じて変化します。軽負荷時など、発振周波数が最大になる条件においてはデッドタイムが広く制御されるため全周波数範囲において ZVS(Zero Voltage Switching)確保が容易になります。

最低発振周波数(fmin)は FB 端子に接続された Ct コンデンサ容量と並列に接続している Rt の外付け抵抗によって決定されます。

最高発振周波数(fmax)は FB 端子に接続された Ct コンデンサ容量と並列に接続している Rt および FB 抵抗値によって決定されます。連続動作時最高発振周波数 fmax は 500kHz 以下を推奨いたします。また、ソフトスタート動作時の初期発振周波数 fss は Ct コンデンサ容量により変化します。(2.4.5 項参照)

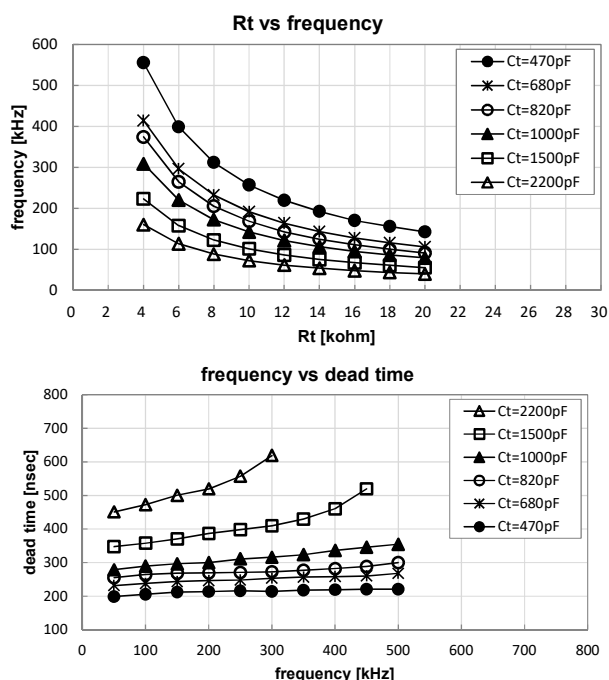


図 17. Rt 抵抗と発振周波数(上)および発振周波数とデッドタイム(下)の関係

表 4. FB 端子しきい値 各規格値の詳細は特性仕様書をご確認ください。

項目	記号	条件	規格値
FB 充電電流	I _{fb(chg)}	FB=4V	-11.0 mA
FB 充電停止電圧	V _{fb(top)}		5.00 V
FB 充電開始電圧 1	V _{fb(bottom)1}		3.75 V
FB 充電開始電圧 3	V _{fb(bottom)3}	ASTBY=open	2.80 V

2.4.3 過電流保護機能 (CS、CSO 端子)

MCZ5216ST には過電流保護機能を備えており、CS 端子で検出を行います。CS および CSO 端子の接続例を図 18 に示します。なお、以降のページでは図 18(a)の抵抗分圧で検出した場合の計算式等を示します。

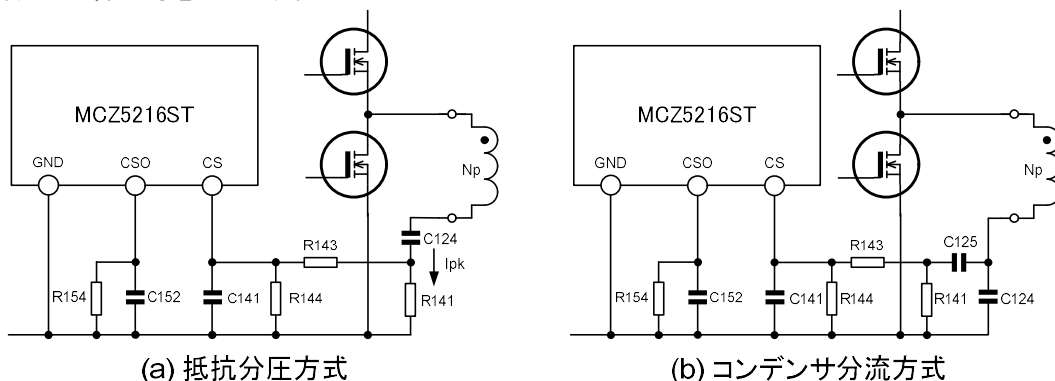


図 18. CS および CSO 端子接続例

図 18(a)のように共振コンデンサ C124 に流れる電流を電流検出抵抗 R141 で検出し、分割抵抗 R143 および R144 で分割して CS 端子へ接続します。各抵抗値の算出方法は 3.5 項をご覧ください。なお、C141 はフィルタ用コンデンサとなります。R143 を 10ohm とした場合、0.01uF 程度を初期値にご調整ください。

CS 端子には正負両方向にそれぞれ 3 つのしきい値を備えており、その電圧レベルによって 3 つの保護機能が動作します。ここではそれぞれの保護機能を OCP1、OCP2、di/dt と定義します。

表 5. 過電流保護の 3 つの機能

	記号	名称	CS 端子しきい値条件
①	OCP1	Cycle by cycle OCP	CS 端子電圧が $\pm 0.500V$ を超えた時
②	OCP2	Frequency limit OLP	CS 端子電圧が $\pm 0.350V$ を超えた時
③	di/dt	Capacitive mode protection	CS 端子電圧が $\pm 0.060V$ を下回った時

*OCP : Over current protection、OLP : Over load protection

【OCP1】

OCP1 は CS 端子が $\pm 0.500V$ を超えると動作します。負荷短絡時等を想定した OCP です。図 19 はハイサイド MOSFET がオンしている期間に OCP1 検出が動作した例を示しています。ハイサイド期間中は、CS 端子電圧が $+0.500V$ 以上になると OCP1 検出が動作します。ローサイド期間中も同様に、 $-0.500V$ 以下になると OCP1 検出が動作します。

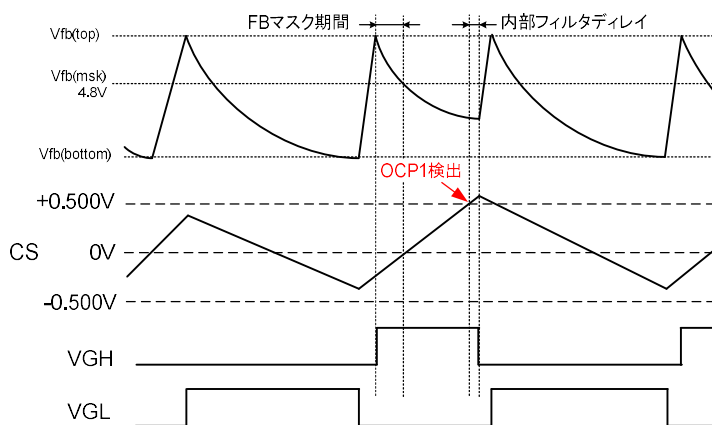


図 19. OCP1 動作シーケンス

OCP1 検出が動作すると MCZ5216ST は以下の制御を行います。

(a) FB 端子が充電期間に切り替わり、ゲート出力(VGL or VGH)をオフにします。

(b) SST 端子を FB 充放電の 8 周期分 40uA にて充電します。

FB 端子が Vfb(top)まで上昇するともう片方のゲート出力(VGL or VGH)がオンします。

OCP1 検出するとゲート出力が即時オフしますので、異常状態時に MOSFET に流れる電流ピークを抑制し過電流やトランスの飽和を防ぎます。また、2.4.5 項に示す様に SST 端子を Timer 充電して異常状態が長く続いた際に発振動作を停止、再起動させます。再起動時も異常状態が続いた場合、同様に Timer 充電を行いラッチ停止します。これにより、MOSFET やその他部品の異常発熱を防ぐことが出来ます。

なお OCP1 検出した後 FB 充放電の 8 周期以内に再び OCP1 を検出しなかった場合、SST 端子はリフレッシュ動作となり Timer 放電電流(refresh) 80uA で SST 端子を 2.1V になるまで放電します。

((FB マスク期間))

CS 端子には MOSFET がターンオン・オフする際のスイッチングによって発生するノイズによる OCP1 検出誤動作防止のため、FB 端子が放電を開始してから FB マスク電圧以下になるまでの間 OCP1 が動作しないようにマスクをしています。そのため、この期間にしきい値を超えても OCP1 動作は行いません。MCZ5216ST の最低発振周波数 fmin を低く設計しすぎた場合、FB マスク電圧以上の期間で OCP1 しきい値を超えてしまいマスクされてしまう可能性がありますので、適切な fmin の設計をお願いいたします。

((内部フィルタ))

外的要因などにより発生するノイズによる誤動作を防止するため、約 300ns の内部フィルタを内蔵しています。これにより、CS 端子が OCP1 しきい値を超えてから FB の充電が開始するまでに約 300ns の遅れが生じます。

((OCP1 および OCP2 を同時に検出した時について))

OCP1 および OCP2 は同一端子で検出しておりますので、OCP1 検出しきい値に到達している期間は OCP2 検出しきい値も超えております。その場合、OCP2 による CSO 充電を行いながら OCP1 検出によりゲート出力を即時オフします。

【OCP2】

OCP2 は CS 端子が $\pm 0.350V$ を超えると動作します。
OCP2 が動作すると MCZ5216ST は以下の制御を行います。

(a) SST 端子を FB 充放電の 8 周期分充電します。CSO 端子電圧によって充電電流は変化します。

- ・ $2.5V \leq CSO < 2.6V$: SST 端子への充電は行いません。
- ・ $2.6V \leq CSO < 3.6V$: SST 端子を 1.7uA で充電します。
- ・ $3.6V \leq CSO \leq 4.0V$: SST 端子を 40uA で充電します。

(b) CSO 端子を OCP2 検出の次の周期の FB マスク電圧までの期間分 20uA にて充電します。

OCP2 も OCP1 同様に FB マスク期間およびに内部フィルタがあります。fmin を低く設計しすぎた場合、FB マスク電圧以上の期間で OCP2 しきい値を超えてしまいマスクされてしまう可能性がありますので、適切な fmin の設計をお願いいたします。

なお OCP2 検出した後 FB の 8 周期以内に OCP2 検出しない場合、SST 端子は Timer 放電電流(refresh) 80uA で SST 端子を 2.1V になるまで放電します。

【CSO】

CSO 端子は CSO 端子電圧に応じて発振周波数を制御しております。CSO 端子電圧と発振周波数の関係を図 20 に示します。CSO 端子は IC 内部でプレチャージされており通常 2.5V で維持されています。

前述の OCP1 および OCP2 が動作すると、図 21 に示すように CSO 端子が充電され CSO 端子電圧が 2.6V 以上になると発振周波数が CSO 端子電圧に応じて高くなっていきます。発振周波数を高くすることで出力電力を制限します。なお、CSO 端子は最大で 4.0V まで充電されます。

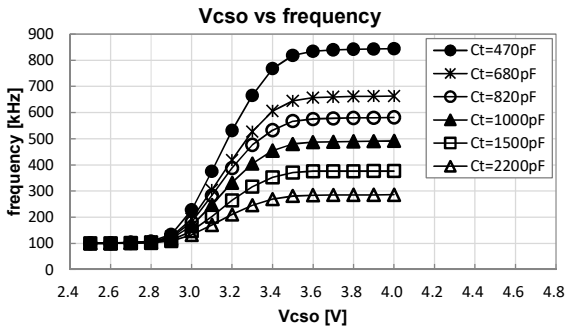


図 20. CSO 電圧 VS 発振周波数

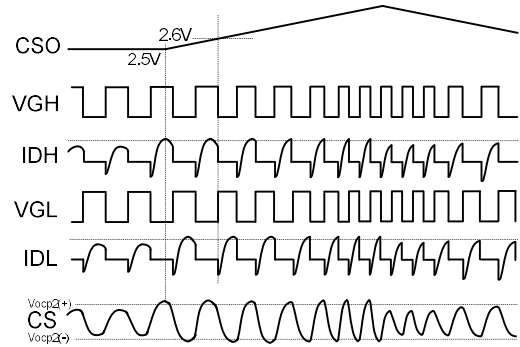


図 21. CSO 電圧動作シーケンス

【di/dt】

di/dt は図 22 に示す通り CS 端子が $\pm 0.060V$ を下回るネガティブエッジを検出して動作します。

di/dt が動作すると MCZ5216ST は以下の制御を行います。

(a) FB 端子が充電期間に切り替わり、ゲート出力(VGH or VGL)をオフにします。

(b) 動作モードに応じて SST 端子の充電を行います。

- ・ ノーマルモード : SST 端子への充電は行いません。
- ・ アクティブスタンバイモード : SST 端子を FB 充放電の 8 周期分 40uA にて充電します。
- ・ バーストモード : SST 端子を FB 充放電の 8 周期分 40uA にて充電します。

di/dt 動作するとゲート出力が即時オフしますので、共振はずれ(Capacitive mode)を防ぐことができます。これにより MOSFET の異常発熱や破損を防ぐことができます。

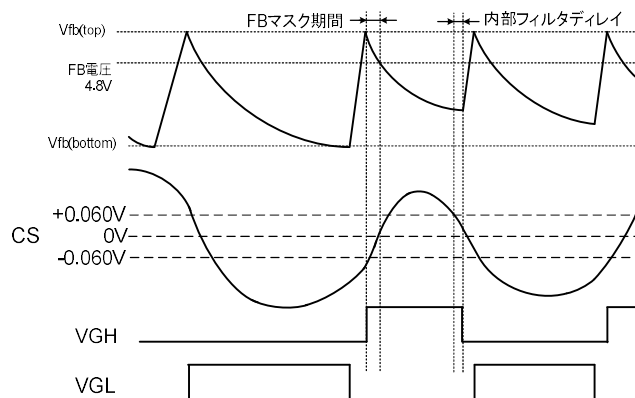


図 22. di/dt 動作シーケンス

di/dt も OCP1 および OCP2 同様に FB マスク期間およびに内部フィルタがあります。
fmin を低く設計しすぎた場合、FB マスク電圧以上の期間で di/dt しきい値を検出しようとしてマスクされて
しまう可能性がありますので、適切な fmin の設計をお願いいたします。

各検出モード時の Timer および CSO 充電の関係を表 6 に示します。

表 6. 各検出モードにおける Timer および CSO 充電動作関係表

検出モード	動作モード	Timer 充電	CSO 充電
OCP1 検出	ノーマルモード	(A)	(B)*1
	アクティブスタンバイモード		
	バーストモード		
OCP2 検出	ノーマルモード	(C)	(B)
	アクティブスタンバイモード		
	バーストモード		
di/dt 検出	ノーマルモード	無し	無し
	アクティブスタンバイモード	(A)	
	バーストモード		

(A) FB の 8 周期間分 SST 端子を 40uA にて充電

(B) OCP2 検出の次の周期の FB マスク電圧までの期間分 CSO 端子を 20uA にて充電

*1 OCP2 検出により CSO 充電

(C) FB の 8 周期間分 SST 端子を 1.7uA($2.6V \leq V_{cso} < 3.6V$)、40uA($3.6V \leq V_{cso} \leq 4.0V$)にて充電

表 7. CS・CSO 端子しきい値 各規格値の詳細は特性仕様書をご確認ください。

項目	記号	条件	規格値
OCP1(+)検出電圧	Vocp1(+)		0.500 V
OCP1(-)検出電圧	Vocp1(-)		-0.500 V
OCP2(+)検出電圧 1	Vocp2(+)*1		0.350 V
OCP2(-)検出電圧	Vocp2(-)		-0.350 V
di/di(+)検出電圧	Vdidt(+)		0.060 V
di/dt(-)検出電圧	Vdidt(-)		-0.060 V
CSO 端子プレチャージ電圧	Vcso(pre)	CS=0V	2.5 V
OCP2 動作開始 CSO 端子電圧	Vcso(ocp2)		2.6 V
Timer 充電切替 CSO 端子検出電圧	Vcso(tmr)		3.6 V
OCP2 動作時 CSO 端子充電電流	Icso(ocp2)	CSO>Vcso(ocp2)	-20 uA
CSO 端子放電電流	Icso(dis)	CSO=2.8V	10 uA

2.4.4 OCP2の入力電圧補正(CS 端子)

MCZ5216STには入力電圧変動時の過電流保護動作点を補正する回路を内蔵しています。入力電圧補正はOCP2の検出しきい値を変化させることで行います。OCP2の検出しきい値はFB端子電圧により変化します。

図23に入力補正機能有無による垂下特性の概略図を示します。特に高入力電圧印加時にOCP2検出が行われやすくする補正を行います。

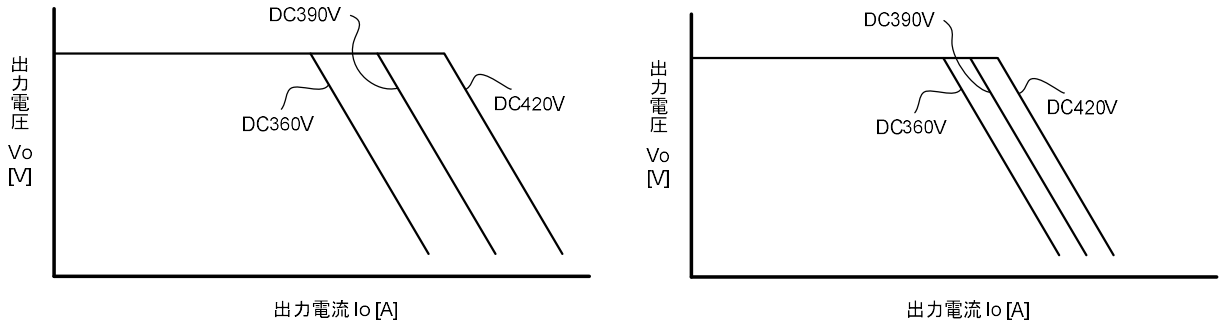


図 23. OCP2 入力補正機能無し(左)、補正機能有り(右)の垂下特性概略図

図24にLLC電流共振回路の共振カーブと動作波形を示します。図24(a)の動作波形のように入力電圧により動作時の発振周波数が変わります。一般的には同じ負荷の場合、入力電圧が低い方が電流波形のピークとしては高くなります。共振周波数 f_r は入力電圧によらず一定となります。

図24(b)のようにMOSFET電流値がピーク値となる所(点X、Y)で過電流保護機能が働くとなると、ゲートがオンしている期間のどこで電流ピークに達するかは入力電圧によって変わります。例えば、図24(b)の場合、ゲートがオンしている期間を1とすると入力電圧が高い状態ではduty比0.8:0.2のオン期間中に電流ピークを迎えます。一方、入力電圧が低い状態ではduty比0.4:0.6のオン期間中に電流ピークを迎えます。

このように、入力電圧が低い状態ではゲートがオンしているオン期間において、電流ピークはオン期間の手前の方(点Y)に来ます。入力電圧が高い状態ではオン期間の後方の方(点X)に来ます。この共振特性を利用してOCP2の入力電圧補正を行います。

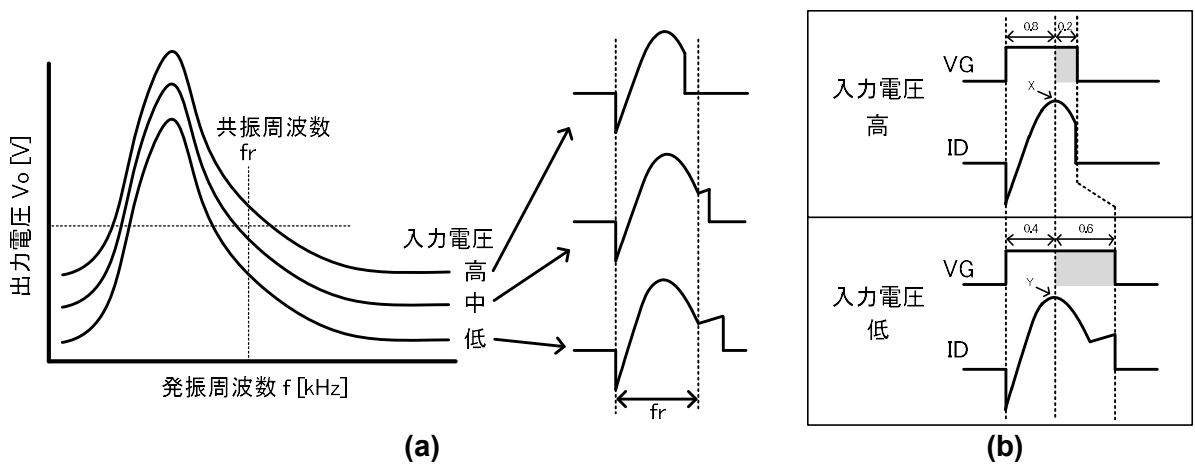


図 24. (a) 入力電圧と動作波形、(b) 入力電圧と電流ピークの関係

入力補正は OCP2 検出しきい値を変化させることで OCP2 が検出しやすいように調整を行います。

図 25(b)に FB 端子電圧が変化した時の $V_{ocp2(+)}$ しきい値を示しています。図 25(b)のように FB 端子が FB マスク期間を終了した直後の OCP2 検出しきい値 $V_{ocp2(+)}$ は 0.35V になります。FB 端子電圧が徐々に低下していくにつれて $V_{ocp2(+)}$ のしきい値は低下していき、FB 充電開始電圧 $V_{fb(bottom)1}$ では $V_{ocp2(+)}$ は 0.25V になります。

なお、ハイサイド期間のみ入力補正回路が入っております。ローサイド期間中は FB 端子電圧によらず常に 0.35V のしきい値となります。

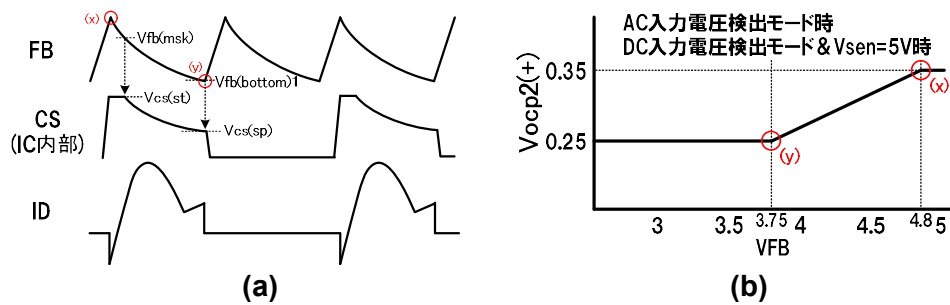


図 25. (a) CS 内部動作波形、(b) FB 電圧・CS 内部しきい値

この補正レベルは AC 入力電圧検出モード、DC 入力電圧検出モードにおいて変わります。

【AC 入力電圧検出モード時】

$V_{cs(sp)}$ は LS 端子、 V_{sen} 端子電圧によらず +0.25V となります。

【DC 入力電圧検出モード時】

$V_{cs(sp)}$ は V_{sen} 端子電圧により変化します。

$V_{sen}=4.5V$ 時に $V_{cs(sp)}=+0.25V$ 、 $V_{sen}=3.2V$ 時に $V_{cs(sp)}=+0.35V$ となります。

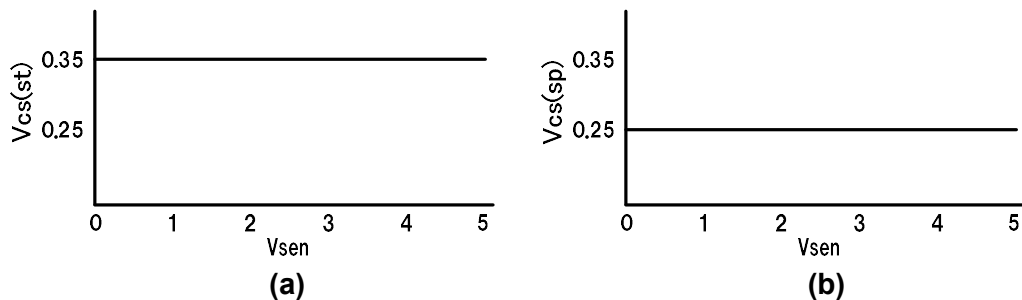


図 26. AC 入力電圧検出モード時 (a) $V_{cs(st)}$ しきい値、(b) $V_{cs(sp)}$ しきい値

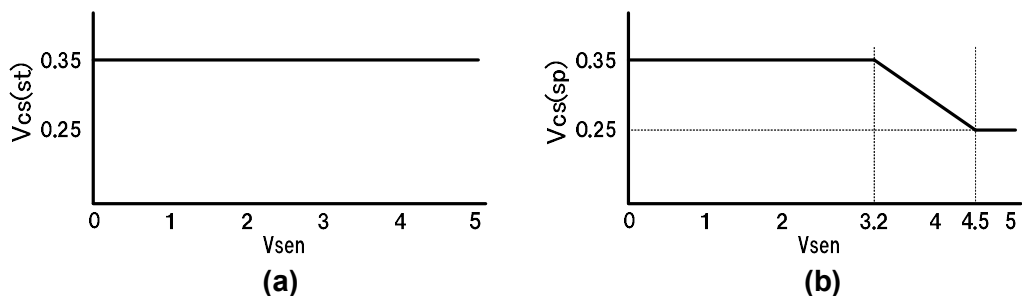


図 27. DC 入力電圧検出モード時 (a) $V_{cs(st)}$ しきい値、(b) $V_{cs(sp)}$ しきい値

2.4.5 ソフトスタート、起動時 di/dt 保護、ラッチ停止機能 (SST 端子)

(1) ソフトスタート機能

MCZ5216ST はソフトスタート機能を内蔵しており、SST 端子-GND 間に接続されたコンデンサを充電していくことにより発振周波数を徐々に上げて行きます。SST 端子が充電される条件としては、以下の 2 つを満たしている必要があります。

- ① Vc2 端子電圧が、Vc2 動作開始電圧以上であること。
・ AC 入力電圧検出モード: 12.2V、DC 入力電圧検出モード: 10.0V
- ② Vsen 端子電圧が、入力電圧監視しきい値 以上であること。
・ AC 入力電圧検出モード: Vsen1 or Vsen3、DC 入力電圧検出モード: Vsen5 or Vsen7

SST 端子 0.6V 以上で発振開始、Vsst(open) 2.1V で一定となります。また、ヒステリシスを持ち SST 端子 0.5V 以下で発振停止します。SST 端子電圧と発振周波数の関係は、**図 28** をご覧下さい。

SST 端子の SS 充電電流は SST 端子電圧に応じて 2 段階となります。SST 端子電圧が 0V~0.6V までは 90uA、SST 端子電圧 0.6V 以上の場合には 30uA で充電します。これは LLC 動作開始 SST 電圧までの充電を早めるために切り替えております。

なお、SST 端子は 2.1V まで充電され、通常動作している間はその電圧でクランプされます。

また、SST 端子は、異常状態時に主 SW や周辺回路への負荷を軽減する為にタイマ間欠ラッチ停止機能を備えております。タイマ間欠ラッチ停止機能の詳細は、2.4.5(3)項をご覧下さい。

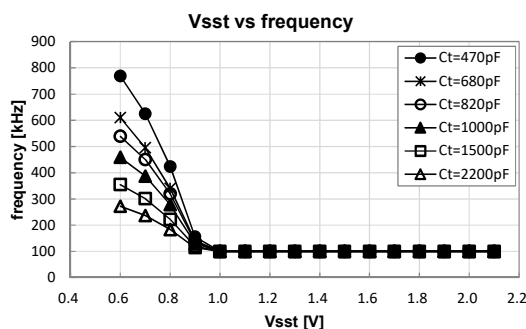


図 28. SST 電圧と発振周波数

(2) 起動時 di/dt 保護

LLC 電流共振回路の電源動作開始直後、共振コンデンサの電圧が不安定な過渡的状态において、MOSFET に流れる電流がボディダイオードに流れている期間中にゲートがオフしてしまう場合があります。この状態では、ボディダイオードの trr 成分により、反対側 MOSFET がオンした際に短絡電流が流れてしまい MOSFET に負荷がかかります。

MCZ5216ST では Tss(3)機能を内蔵しており、起動時のボディダイオード導通中にゲートがオフすることを回避できます。Tss(3)シーケンスは図 29 のように電源動作開始後 2 発目のローサイド側 VGL 出力を約 1.7 倍に伸ばします。これにより、MOSFET が正方向に電流が流れてからゲート出力をオフすることが出来ます。

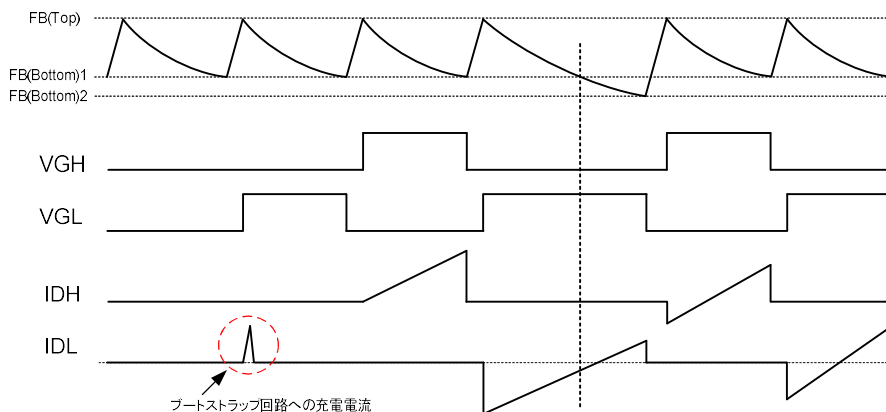


図 29. Tss(3)動作シーケンス

(3) 過電流保護機能動作時のタイマ間欠ラッチ停止機能

MCZ5216ST は OCP1、OCP2 および di/dt 動作時にタイマ間欠動作後ラッチ停止する機能を搭載しています。Timer 充電を行うタイミングおよび条件は表 6、タイマ間欠ラッチ停止シーケンスは図 30 をご覧ください。

図 30 のように異常状態を検知すると SST 端子を充電します。SST 端子を充電する Timer 充電電流は各動作モードによって異なりますので、Timer 充電電流値は表 6 をご覧ください。

SST 端子はタイマ間欠ラッチ停止機能を持っており、以下の①もしくは②の条件時に SST 端子は 2.1V からさらに充電を開始します。

- ① OCP1 および OCP2 動作時
- ② アクティブスタンバイモードでの di/dt 保護動作時

上記状態が続き、異常信号が入り続けて SST 端子電圧が $V_{\text{timer(set)}}$ 3.5V まで達すると間欠動作モードになります。間欠動作モード中に異常信号が無くなると正常発振に戻りますが、この間欠発振モードが連続で 2 回カウントされると IC がラッチ停止します。

ラッチ停止した場合は V_{c2} 端子電圧をラッチ解除電圧 7.0V 以下にするとラッチ解除されます。

また、図 30 のようにラッチカウンタのリセット機能を搭載しています。ラッチカウンタリセット条件は以下の 2 つです。

- ① SST = 2.1V 到達時 (OCP 等検出せず、通常動作モードに戻った時)
- ② SST リフレッシュ時 (V_{c2} ON/OFF 時)

この機能により、電源が正常に機能するとラッチカウンタは 0 になります。異常状態が継続された場合は、ラッチカウンタリセットを行わず、2 回カウント後はタイマラッチ停止になります。

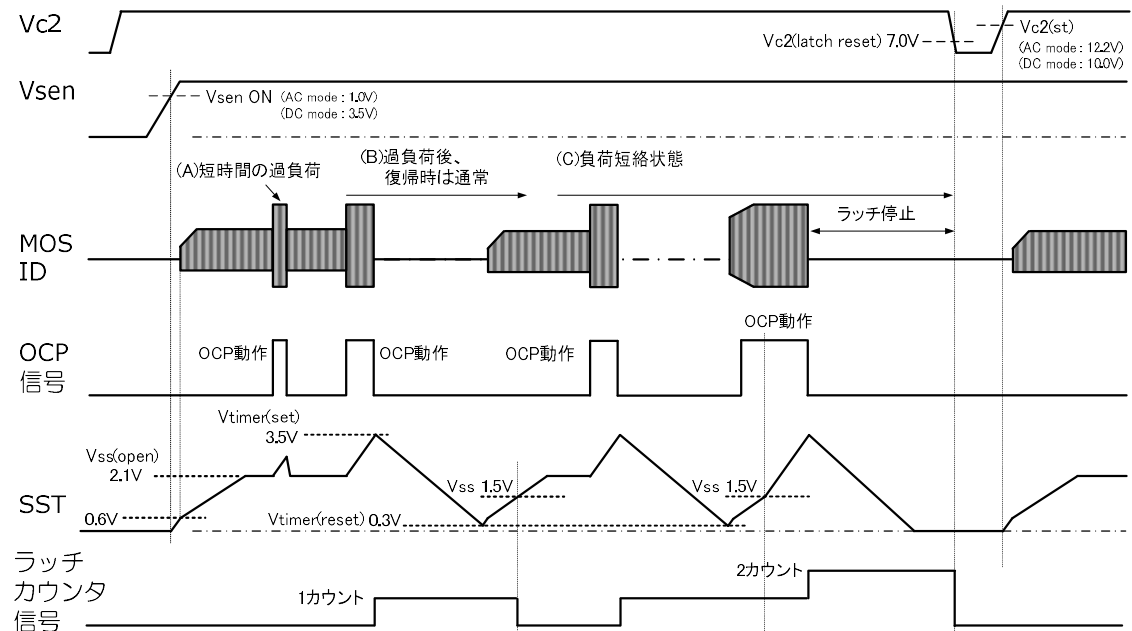


図 30. SST 動作シーケンス

(4) ラッチ停止機能

MCZ5216ST は 2 次側過電圧時等の異常状態においてラッチ停止できるようにラッチ停止機能を搭載しております。図 31 に 2 次側 OVP 回路構成例を示します。

SST 端子を外部より 4.5V まで持ち上げることでラッチ停止機能が有効になります。ラッチ停止機能が有効になると発振停止します。

ラッチ停止を解除する為には Vc2 端子電圧をラッチ解除電圧 7.0V 以下にする必要があります。ラッチが解除され再度 Vc2 動作開始電圧以上になると LLC 部の発振を開始します。

構成案①	構成案②	構成案③
<p>3つの中でOVP動作としては一番早く動作します。</p>	<p>数100usecオーダーでOVP動作したい場合、CTRの高いフォトカプラが必要です。</p>	<p>数msecオーダーでOVP動作可能な場合は、本構成となります。</p>

図 31. ラッチ停止機能回路構成例

表 8. SST 端子しきい値 各規格値の詳細は特性仕様書をご確認ください。

項目	記号	条件	規格値
SST 端子しきい値	Vsst		1.5 V
SST 充電電流 1	Isst(chg)1	SST=0V	-90 uA
SST 充電電流 2	Isst(chg)2	SST=1.0V	-30 uA
SST 放電電流	Isst(dischg)	SST=1.0V、Vsen=0V	4.0 mA
SST 端子開放電圧	Vsst(open)		2.1 V
LLC 動作開始 SST 電圧	Vsst(st)		0.6 V
LLC 動作停止 SST 電圧	Vsst(sp)		0.5 V
SST ラッチ停止電圧	Vsst(latch)		4.5 V
Timer しきい値 1	Vtimer(set)		3.5 V
Timer しきい値 2	Vtimer(reset)		0.30 V
Timer 充電電流 1	Itimer(chg)1		-40 uA
Timer 充電電流 2	Itimer(chg)2		-1.7 uA
Timer 充電電流 3	Itimer(chg)3		-40 uA
ラッチ解除電圧	Vc2(latch reset)		7.0 V
FB 充電開始電圧 2	Vfb(bottom)2	Tss(3)	2.80 V

2.4.6 ハイサイドドライバ電源 (VB 端子)

ハイサイド MOSFET 駆動用フローティング電源 (VB) は、図 32 に示すように Vc2 端子の 12.5V レギュレータ出力コンデンサを電圧源として高圧側へ向かうダイオード Dboot とフローティング平滑コンデンサ Cboot によるブートストラップ回路により生成されます。

外付け Dboot によるブートストラップ回路採用によりローサイドとハイサイドの電位差が最小限に保たれ、過渡的にも安定した駆動用電源が供給できます。

Cboot には MLCC を用い、その値は $0.1\mu\text{F} \sim 1.0\mu\text{F}$ を推奨します。また Dboot には高速かつソフトリカバリー特性を持った 600V 耐圧以上のものを用いて下さい。新電元製 **D1NK60** 或いは **D1FK60** を推奨いたします。(PFC 出力電圧を約 400V とした場合。)

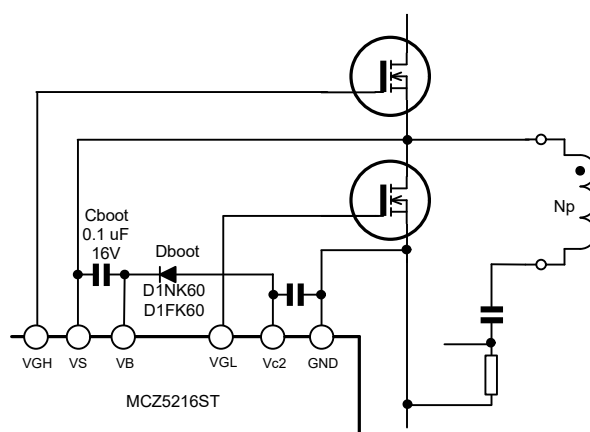


図 32. Boot Strap ハイサイド Vcc 生成回路

表 9. VB 端子しきい値 各規格値の詳細は特性仕様書をご確認ください。

項目	記号	条件	規格値
ハイサイドドライバ動作開始電圧	VB-VS(st)		7.5 V
ハイサイドドライバ動作停止電圧	VB-VS(sp)		5.5 V

2.4.7 軽負荷領域損失改善機能 (ASTBY、Burst 端子)

アクティブスタンバイモードおよびバーストモードは ASTBY 端子の電圧に応じて制御しています。各動作モードと ASTBY 端子電圧の関係は表 10 をご覧ください。

表 10. ASTBY 端子電圧と各動作モード

ASTBY 端子電圧	動作モード	LLC 部
$0\text{V} \leq \text{ASTBY} < 2.2\text{V}$	ノーマルモード	対称動作
$2.2\text{V} \leq \text{ASTBY} < 3.0\text{V}$	非対称リニアモード	非対称動作
$3.2\text{V} \leq \text{ASTBY} < 3.9\text{V}$	アクティブスタンバイモード	非対称動作
$4.0\text{V} \leq \text{ASTBY} \leq 5.0\text{V}$	バーストモード	非対称動作

* アクティブスタンバイからバーストモードへはヒステリシスを持ち、
 アクティブスタンバイモード→バーストモードは ASTBY 端子電圧 4.0V
 バーストモード→アクティブスタンバイモードは ASTBY 端子電圧 3.9V
 で切り替わります。

図 33 に ASTBY 端子シーケンスを示します。

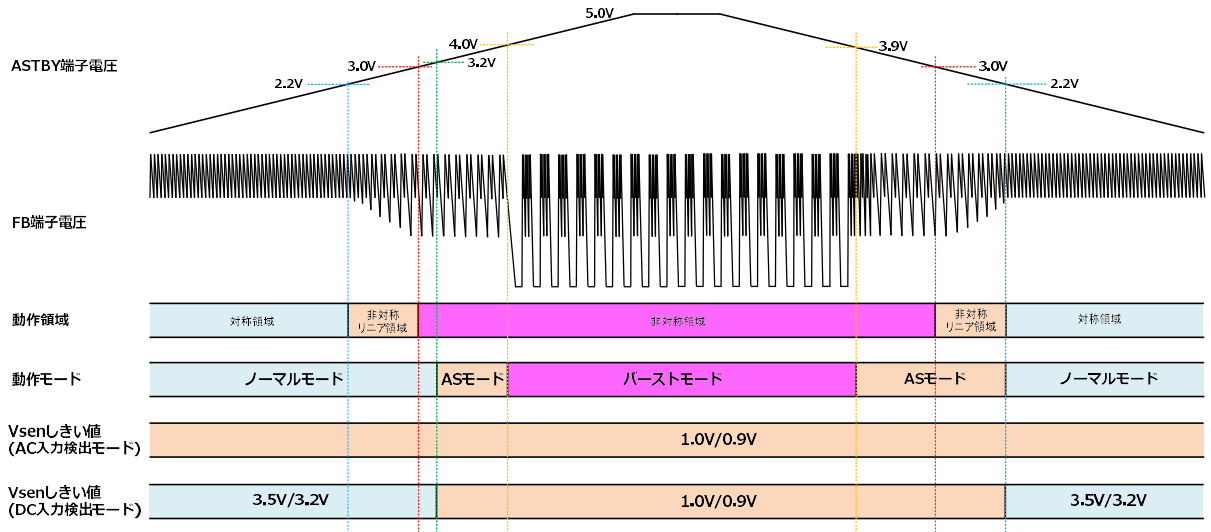


図 33. ASTBY 端子シーケンス

2.4.7.1 アクティブスタンバイ機能

アクティブスタンバイ機能は定格負荷 5%~20%程度の軽負荷領域の損失低減を実現できる機能です。アクティブスタンバイモードではハイサイドおよびローサイドのオン幅比率を約 1:2 とする非対称動作を行います。各しきい値における詳細動作シーケンスについては図 34 をご覧ください。

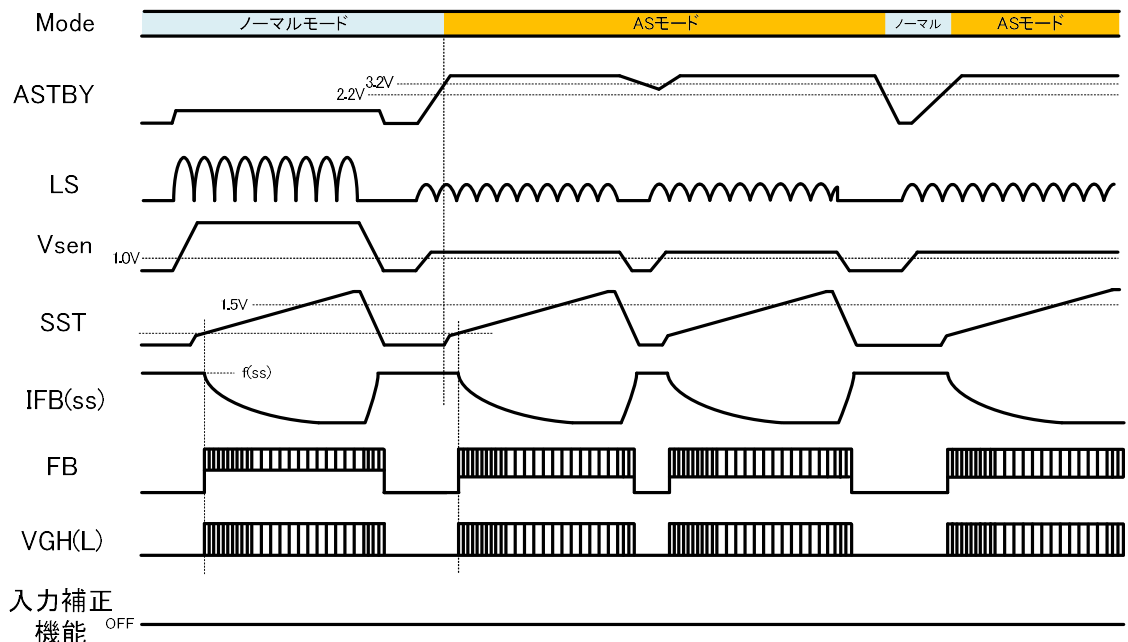


図 34. アクティブスタンバイモードシーケンス (AC 入力電圧検出モード)

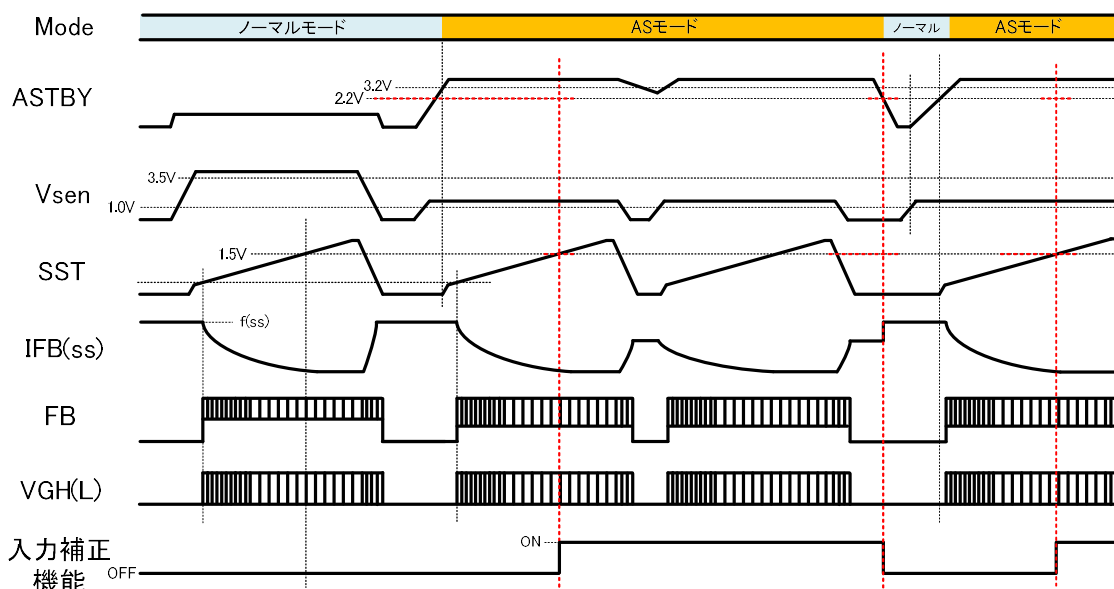


図 35. アクティブスタンバイモードシーケンス (DC 入力電圧検出モード)

ハイサイドおよびローサイド MOSFET のオン幅比率は ASTBY 端子電圧により変化します。ASTBY 端子電圧が 0V 時のオン幅比率は 1:1 の対称動作をします。ASTBY 端子電圧が $V_{as}(linoff)$ 2.2V 以上になると図 16 に示すようにローサイド側 MOSFET の FB 充電開始電圧 $V_{fb}(bottom)$ が低くなり、ローサイド MOSFET のオン幅が広がっていき非対称動作を行います。

FB 充電開始電圧 $V_{fb}(bottom)$ は ASTBY 端子電圧に応じてリニアに変化していき ASTBY 端子電圧が $V_{as}(linon)$ 3.0V で最大のオン幅比率になります。最大オン幅時のハイサイドおよびローサイド MOSFET のオン幅比率は約 1:2 になります。

ASTBY 端子電圧が $V_{as}(on)$ 3.2V 以上になるとアクティブスタンバイモードになります。DC 入力電圧検出モードでは V_{sen} しきい値を 3.5V/3.2V から 1.0V/0.9V に切り替えます。なお、AC 入力電圧検出モードでは V_{sen} は常に一定で 1.0V/0.9V となります。

アクティブスタンバイモード中に ASTBY 端子電圧を $V_{as}(off)$ 2.2V 未満にするとアクティブスタンバイモードは解除され、ノーマルモードに切り替わります。

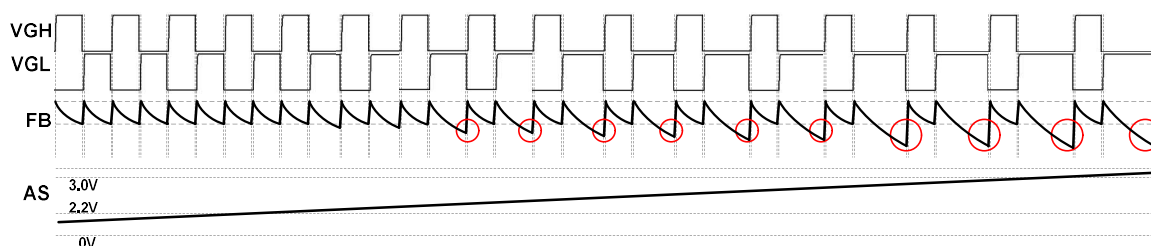


図 36. AS リニア動作時ゲート波形

また、ノーマルモード・アクティブスタンバイモード切り替え時のオーバー(アンダー)シュートを抑えるため、MCZ5216ST には ASTBY 電圧と V_{sen} 電圧に応じて FB 端子放電電流を制御する機能があります。

V_{sen} 端子電圧と FB 放電電流の関係を模式図で表したものを図 37 に示します。また、ASTBY 電圧変化時の FB 放電電流を示したシーケンスを図 38 に示します。

【AC 入力電圧検出モード】

Vsen 電圧によらず図 37 の Vsen=4V と同じ放電電流 I_{fb(aslin)} 170uA となります。また、図 38 にあるように ASTBY 電圧が 2.2V から 3.2V までの間は、ASTBY 電圧に応じて FB 放電電流が変化します。(図 38 の Vsen=4V のラインで変化)

ASTBY 電圧が 2.2V 未満の時は FB 放電電流は 0uA となります。ASTBY 電圧が 3.2V 以上になると FB 放電電流は 0uA となります。

【DC 入力電圧検出モード】

図 37 にあるように FB 放電電流は Vsen 端子電圧により変化し、Vsen=3.2V 時は 0uA、Vsen=5V 時に 350uA となります。また、図 38 にあるように ASTBY 電圧が 2.2V から 3.2V までの間は、ASTBY 電圧に応じて FB 放電電流が変化します。

ASTBY 電圧が 2.2V 未満の時は Vsen 電圧によらず FB 放電電流は 0uA となります。ASTBY 電圧が 3.2V 以上になると Vsen 電圧によらず FB 放電電流は 0uA となります。

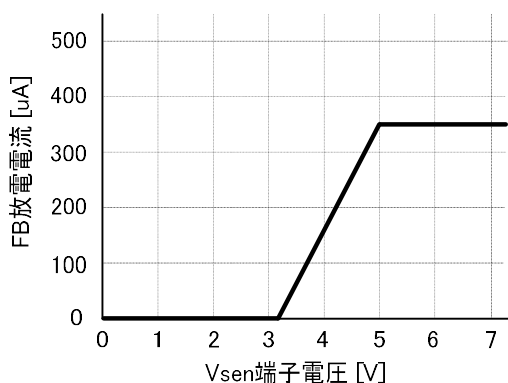


図 37. Vsen 電圧と FB 放電電流の関係(模式図)

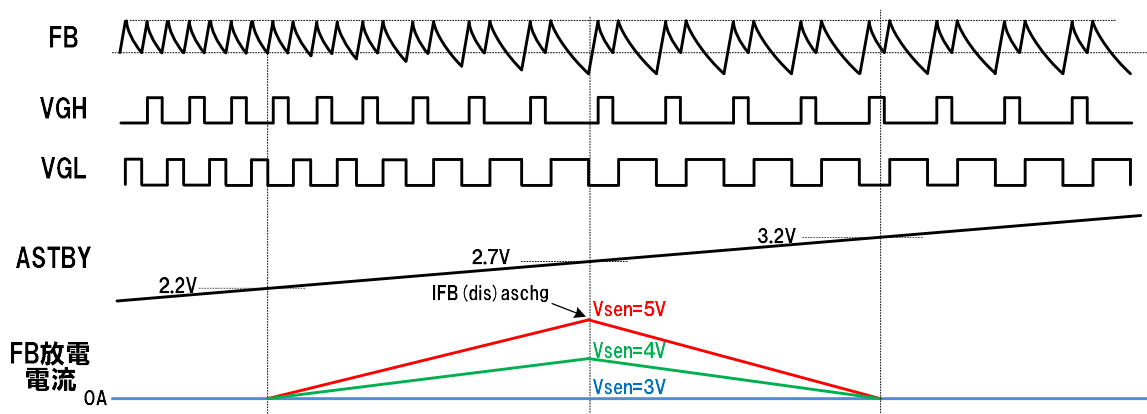


図 38. ASTBY 切り替え時の動作シーケンス(DC 入力電圧検出モード時)

2.4.7.2 バースト機能

バースト機能はスタンバイ負荷時の待機電力改善を行う機能です。ASTBY 端子でバーストモードの切り替えを行い、BURST 端子で発振開始・停止を制御します。

バーストモード使用時の回路構成例を図 39 に示します。図 39(a)は二つのフォトカプラで構成した場合でスタンバイ ON/OFF 部およびバーストモード時出力電圧下限検出部を独立に制御することができます。図 39(b)は一つのフォトカプラで構成した場合でフォトカプラを一つ削減することができます。

ASTBY 端子が 4.0V 以上でバーストモードになります。バーストモードを解除するには ASTBY 端子を 3.9V 以下にします。ノーマルモードおよびアクティブスタンバイモードにおいて BURST 端子は BURST 端子放電電流 400 μ A で放電されています。バーストモードになると BURST 端子の放電は停止します。

バーストモードになり、トランス補助巻線電圧 V_{cc} や外部回路より分圧した電圧で BURST 端子を持ち上げて BURST 端子出力停止電圧 2.0V 以上になると SST 端子が放電され LLC 部の発振が停止します。次に BURST 端子出力起動電圧 1.5V 以下になると SST 端子の充電が開始され LLC 部が発振開始します。詳細シーケンスについては図 40 をご覧ください。

バーストモードではソフトスタート時の SST 充電電流が $I_{sst}(chg)3 - 90\mu A$ になります。これによりソフトスタート時間が短くなるため、バースト動作時の発振時間を短くでき、待機電力改善に貢献します。

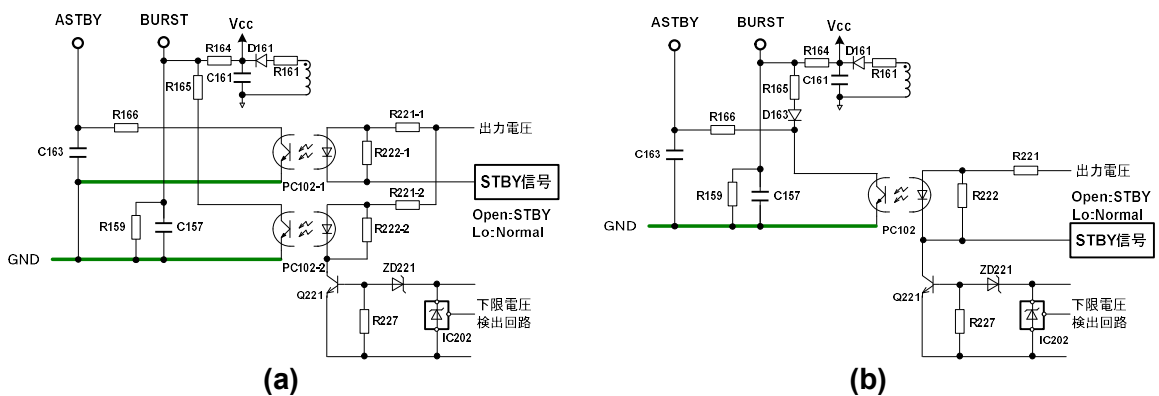


図 39 . BURST 端子接続例 (a)カプラ 2 個構成時、(b)カプラ 1 個構成時

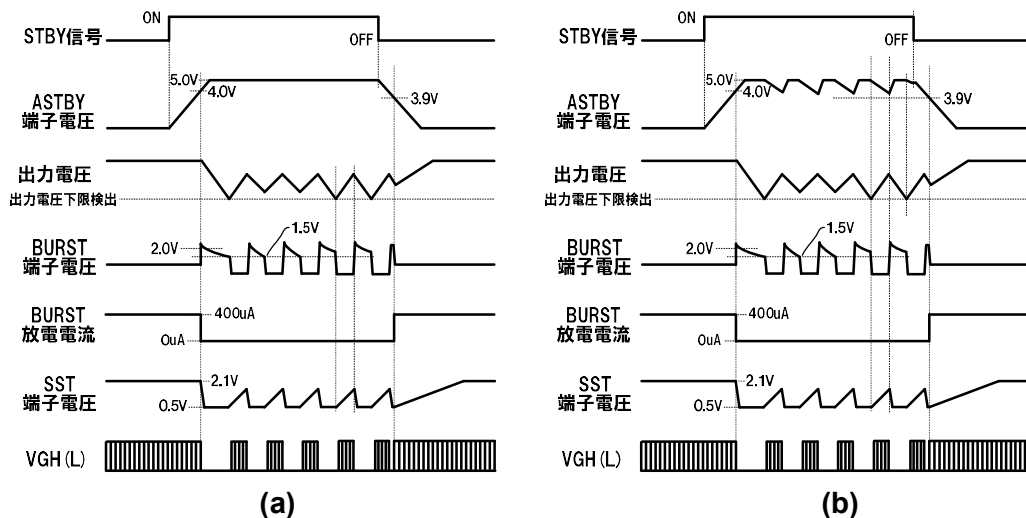


図 40. BURST 動作シーケンス (a)カプラ 2 個構成時、(b)カプラ 1 個構成時

【fss 入力電圧補正機能 (DC 入力電圧検出モード時)】

MCZ5216ST は DC 入力電圧検出モードにおいてバースト動作時にソフトスタート周波数 fss を Vsen 電圧に応じて可変する機能を備えております。図 41(b)に示す様に Vsen 電圧が低い場合は fss を低くします。これにより、入力電圧の変動に応じてバースト動作時に MOSFET に流れる電流を可変させることで ZVS しやすくなります。

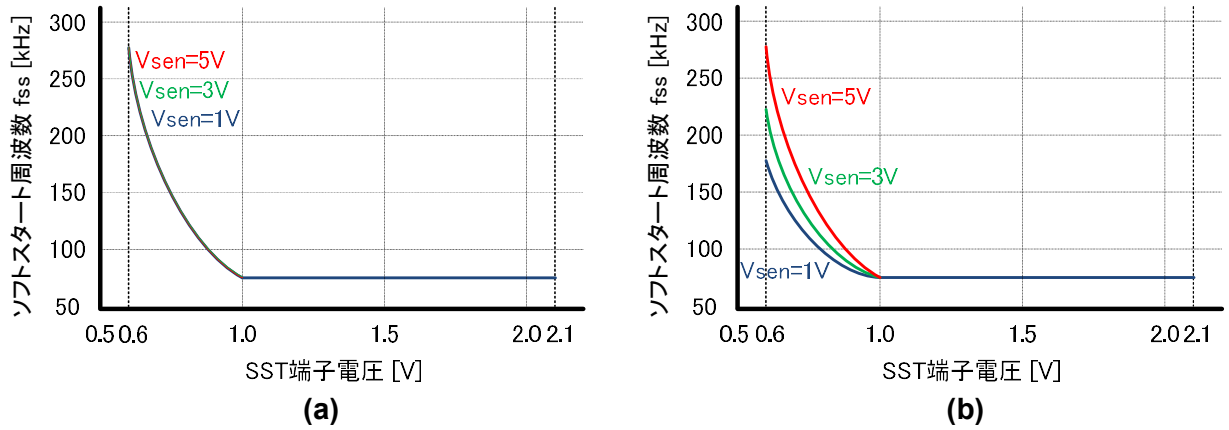


図 41. fss 入力電圧補正機能 (a) AC 入力電圧検出モード、(b) DC 入力電圧検出モード

表 11. ASTBY 端子しきい値

各規格値の詳細は特性仕様書をご確認ください。

項目	記号	条件	規格値
AS リニア動作開始電圧	Vas(linon)		3.0 V
AS リニア動作解除電圧	Vas(linoff)		2.2 V
AS モード開始電圧	Vas(on)		3.2 V
AS モード解除電圧	Vas(off)		2.2 V
ASTBY 端子開放電圧	Vastby(open)		5.0 V
ASTBY 端子充電電流 1	lastby(chg)1	ASTBY=0V	-2.5 uA
ASTBY 端子充電電流 2	lastby(chg)2	ASTBY>Vastby(bston), ASTBY<Vastby(open)	-5.0 uA
バーストモード開始 ASTBY 端子電圧	Vastby(bston)		4.0 V
バーストモード解除 ASTBY 端子電圧	Vastby(bstoffs)		3.9 V
BURST 端子 SST 放電電圧	Vbst(H)		2.0 V
BURST 端子 SST 充電電圧	Vbst(L)		1.5 V
BURST 端子放電電流 1	lbst(dis)1	ASTBY<Vastby(bston/off)	400 uA
BURST 端子放電電流 2 (バーストモード)	lbst(dis)2	ASTBY>Vastby(bston/off)	0 uA
AS リニア動作時 FB 放電電流 1	lfb(aslin)1	LS=0V, Vsen=5V, ASTBY=2.7V	350 uA
AS リニア動作時 FB 放電電流 2	lfb(aslin)2	LS=0V, Vsen=4V, ASTBY=2.7V	170 uA
AS リニア動作時 FB 放電電流 3	lfb(aslin)3	LS=0V, Vsen=3.4V, ASTBY=2.7V	50 uA
AS リニア動作時 FB 放電電流 4	lfb(aslin)4	LS>Vls(acon), Vsen=6V, ASTBY=2.7V	170 uA

2.4.8 過熱保護機能 (TSD 機能)

MCZ5216ST には過熱保護機能があります。本機能が働くと LLC の発振が停止します。
過熱保護動作開始温度は、動作停止温度 **TSD 140°C.min** です。過熱保護温度にはヒステリシスがあり過熱保護解除温度は動作停止温度より **ΔTSD 40°C**下がると解除され通常動作に戻ります。

表 12. TSD 機能しきい値 各規格値の詳細は特性仕様書をご確認ください。

項目	記号	条件	規格値
動作停止温度	TSD		140 °C
動作停止／復帰温度幅	ΔTSD		40 °C

2.4.9 Vc1 過電圧保護機能 (Vc1 OVP 機能)

MCZ5216ST には、Vc1 端子過電圧印加時のラッチ停止機能があります。Vc1 端子電圧が Vc1(ovp latch) 33.0V 以上になるとラッチ停止します。なお、ラッチ停止解除には Vc2 端子電圧を Vc2(latch reset) 7.0V 以下にする必要があります。

表 13. Vc1 OVP 機能しきい値 各規格値の詳細は特性仕様書をご確認ください。

項目	記号	条件	規格値
Vc1 過電圧保護電圧	Vc1(ovp latch)		33.0 V
ラッチ解除電圧	Vc2(latch reset)		7.0 V

2.5 参考

2.5.1 低入力電圧から動作させたい場合

[AC 入力電圧検出モードで動作させる場合]

AC 入力電圧検出モードでは Vsen 端子電圧が Vsen1 1.00V まで上昇しないと通常動作時にゲート出力は開始されません。

電源評価時等で LLC を低い入力電圧から動作させたい場合は LS 端子に 1.5V 以上の電圧を印加して下さい。また、アクティブスタンバイやバーストモードが働く場合、ASTBY 端子は GND とショートした状態で動作を確認してください。

ただし、この状態で入力 ON/OFF などを行うと共振はずれなどが続いて MOSFET へ多大な負荷を与える場合がありますので、無負荷状態で徐々に入力電圧を上げて起動してください。また、上記の低入力電圧からの動作はあくまで電源評価時の検討用として行って下さい。

[DC 入力電圧検出モードで動作させる場合]

DC 入力電圧検出モードでは Vsen 端子電圧が Vsen5 3.5V まで上昇しないと通常動作時にゲート出力は開始されません。

電源評価時等で LLC を低い入力電圧から動作させたい場合は LS 端子は GND とショートした状態で Vsen 端子に 3.5V 以上の電圧を印加して下さい。また、アクティブスタンバイやバーストモードが働く場合、ASTBY 端子は GND とショートした状態で動作を確認してください。

ただし、この状態で入力 ON/OFF などを行うと共振はずれなどが続いて MOSFET へ多大な負荷を与える場合がありますので、無負荷状態で徐々に入力電圧を上げて起動をしてください。また、上記の低入力電圧からの動作はあくまで電源評価時の検討用として行って下さい。

2.5.2 Vin 端子未使用の場合

Vin 端子未使用の場合、Vin 端子は GND とショートするか、端子オープンしてください。

MCZ5216ST の Vcc 供給は Vc1 端子に電圧を印加してください。Vc2-GND 間コンデンサ容量は 4.7u ~ 47uF 程度を推奨します。なお、Vin 端子未使用の条件は DC 入力電圧検出モードのみで使用してください。

2.5.3 アクティブスタンバイ、バーストモード未使用の場合

アクティブスタンバイ・バーストモードを共に未使用の場合、ASTBY 端子は GND とショートしてください。また、BURST 端子も GND とショートしてください。

バーストモードのみ未使用の場合、BURST 端子は GND とショートしてください。

3 周辺回路定数の決定

3.1 AC 入力電圧検出モード時の入力監視部設計 (LS、Vsen 端子)

【AC 入力電圧検出モード】

図 42 に LS、Vsen 端子接続例を示します。図 42 の接続例は AC OFF 後に X コンデンサ放電機能を使用したい場合に使います。

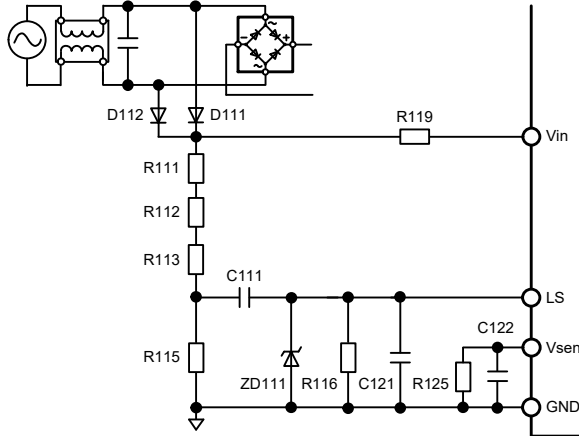


図 42. LS/Vsen 端子接続例

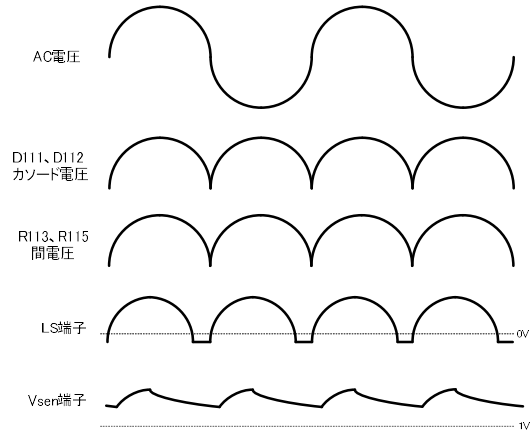


図 43. LS/Vsen 端子波形例

LS 端子に印加された電圧から LS/Vsen 変換比で変換された電圧を IC 内部で生成します。IC 内部で生成した電圧と Vsen 端子を比較し、IC 内部で生成した電圧よりも Vsen 端子電圧が低い場合、IC 内部で生成した電圧になるように Vsen 端子に充電します。なお、LS/Vsen 変換比は 1.20 となっており、Vsen 端子には式(1)に示す電圧が印加されます。

$$V_{sen} = \frac{V_{LS}}{1.2} [V] \quad \dots(1)$$

Vsen 端子はコンデンサ C122 と放電用抵抗 R125 を接続します。C122 コンデンサにより Vsen 端子電圧を平滑します。R125 により Vsen 端子を放電することで、AC OFF 時の LS 端子電圧が低下した際に Vsen 端子電圧を 0.9V 以下にして動作停止させます。

図 43 に LS 端子電圧と Vsen 端子電圧の波形を示します。C122 と R125 定数により AC ON/OFF 時の動作開始/停止時間が変わります。なお、C122 と R125 の初期定数としては C122 が 0.01uF、R125 が 470kohm 程度を推奨します。

Vsen 端子しきい値は発振器動作モードによらず、1.00V/0.90V です。よって、LS 端子に接続する抵抗分圧値により起動開始・停止点が変わります。また、LS 端子に発生する電圧は Y キャパシタやブリッジダイオード後の整流コンデンサ値により変わりますので、下記設計例を参考に設定してください。

AC100V~AC240V(W/W)、50/60Hzを想定した場合のLS/Vsen 端子設計例を図44に示します。

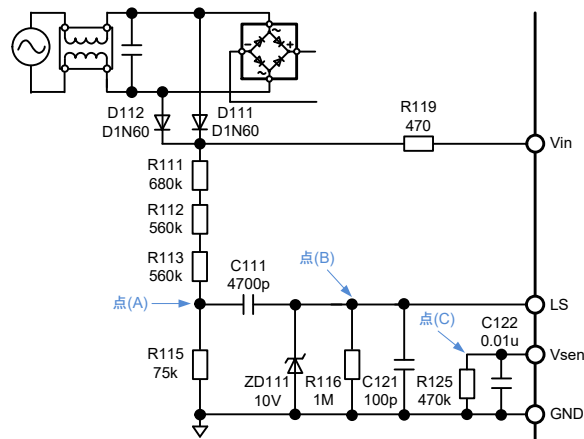


図 44. LS/Vsen 端子設計例

D111、D112はAC電圧を整流するためのものとなります。AC100V~AC240V、50/60Hzの場合、一般整流ダイオードが使用可能で新電元製D1N60等を推奨します。Vin端子に接続する抵抗R119は表1をご覧ください選定してください。

C111はDC成分をカットするコンデンサとなります。このコンデンサを接続することにより、AC ON時はLS端子に電圧を供給します。AC OFFして点(A)に発生する電圧がDCになった場合にDC成分がカットされLS端子電圧が低下していきます。C111は4700pF程度を推奨します。

C111に流れた電流をC121で整流、R116で放電させます。また、ZD111はLS端子に印加される電圧クランプおよび負電圧クランプ用のツェナーダイオードです。50/60Hzで動作させる場合、R116は1Mohm、C121は100pF程度を推奨します。また、ZD111には10V以下で低リークタイプのツェナーダイオードを挿入してください。

R111~R113に流れる電流はR115に流れる電流とC111に流れる電流により決まります。C111には数uA流す必要がありますので、R111~R113は十倍以上の電流が流れる抵抗値を選定します。今回の条件の場合はR111~R113の合計抵抗値は2Mohm程度を推奨します。

まずはAC100VにおいてC111がオープンの場合を考えます。C111オープン時の点(A)に発生する電圧を点(A)'とします。点(A)'にR111~R113、R115の分圧した電圧が発生します。AC100Vの場合、点(A)'には $(141V \times 75k\Omega) / (1.8M\Omega + 75k\Omega) = 5.64V$ の電圧となります。なお、その場合にR115に流れる電流は $5.64V / 75k\Omega = 75.2\mu A$ となります。

次に、点(A)'のピーク電圧が5.64Vの電圧が発生しているとしてC111を接続した場合にC111に流れる電流によってLS端子に発生する電圧点(B)を点(B)'とします。今回の条件の場合は点(B)'には約半分の電圧が印加されますのでLS端子は2.82Vになります。よってC111には $2.82V / 1M\Omega = 2.82\mu A$ の電流が流れます。

実際に点(A)に流れる電流は $75.2\mu A - 2.82\mu A = 72.38\mu A$ となり、電圧値としては5.43Vとなります。したがって、点(B)は先ほどの2.82Vよりは若干小さい値が出力され、約 $5.43V / 2 = 2.72V$ となります。これらの値を元に最終的には想定されるAC入力電圧下限においてVsen端子電圧が0.9Vを下回らないように調整します。

上記値は初期値となりますので、最終的には実機にてご確認ください。

3.2 DC 入力電圧検出モード時の入力監視部設計(Vsen 端子)

【DC 入力電圧検出モード】

Vsen 端子しきい値は、3.5V/3.2V (ノーマルモード)

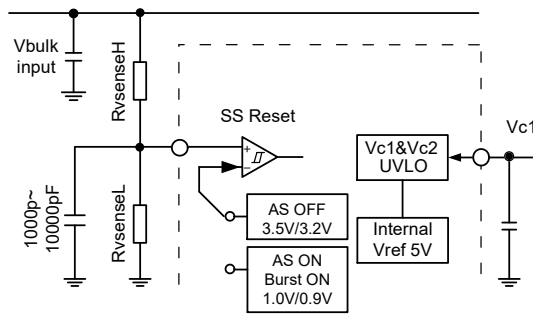
1.0V/0.9V (アクティブスタンバイモード、バーストモード)です。

Vsen 端子 sink 電流は 0.2uA 必要で、sink 電流の影響を受けない為にも 20uA 程度電流が流れるように設計するのが推奨いたします。高電位側 Vbulk 検出抵抗 RvsenseH は 2Mohm 程度を推奨します。(PFC 出力電圧を約 400V とした場合。)

Vsen 端子と GND 間にはノイズ吸収用に 1000p~10000pF 程度のコンデンサを接続して下さい。

式(2)で所望の Brown Out 保護電圧しきい値 Vbulkreset から初期値 RvsenseL(init)を算出し、その後 式(3)に実定数を代入して Vbulkreset の値を最終確認して下さい。

アクティブスタンバイモード時は、Vsen しきい値が変わりますので式(4)に実定数を代入して所望の Vbulkreset(AS ON)をご確認下さい。



$$R_{V_{senseL}(init)} = \frac{3.2 \times R_{V_{senseH}}}{V_{bulkreset} - 3.2} \quad [\Omega] \quad \dots (2)$$

$$V_{bulkreset} = \frac{R_{V_{senseH}} + R_{V_{senseL}}}{R_{V_{senseL}}} \times 3.2 \quad [V] \quad \dots (3)$$

$$V_{bulkreset(ASON)} = \frac{R_{V_{senseH}} + R_{V_{senseL}}}{R_{V_{senseL}}} \times 1.0 \quad [V] \quad \dots (4)$$

図 45. Vsen 端子内部構造
(DC 入力検出モード時)

3.3 発振制御部 (FB 端子)

LLC 部の発振周波数は、FB 端子により制御されています。FB 端子では、デッドタイムおよび初期・最高・最低発振周波数を決定します。FB 端子の充放電タイミングによりゲート ON/OFF タイミングを決定しますので、FB 端子に接続するコンデンサおよび抵抗はなるべく IC 直近に接続してください。

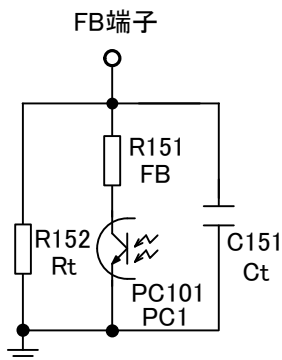


図 46. FB 端子接続図

FB 端子は Ct コンデンサの他に図 46 に示す Rt 抵抗および FB 抵抗を接続します。

Ct コンデンサ容量にてデッドタイムおよびソフトスタート周波数を決定します。詳細は 3.3.1 をご覧ください。

Rt 抵抗にて最低発振周波数を決定し、Rt 抵抗および FB 抵抗により最高発振周波数を決定します。

Rt 抵抗および FB 抵抗の決定方法については 3.3.2 および 3.3.3 をご覧ください。

3.3.1 デッドタイムおよびソフトスタート周波数 fss の調整 (Ct 用コンデンサの調整)

デッドタイムおよびソフトスタート周波数 fss は、図 47 および図 48 の特性図に示す様に Ct コンデンサ容量により変化します。

定常動作時の発振周波数や使用される MOSFET のゲート容量・スイッチング特性等により、Ct コンデンサ容量をご選定ください。

初期値としては定常動作時周波数 100kHz で弊社 P15F50HP2 を使用する場合、Ct コンデンサ容量は 1500pF 程度としてください。また、定常動作時周波数 300kHz で 15A クラスのスーパージャンクション MOSFET をご使用の場合、Ct コンデンサ容量は 820pF としてください。共振条件等によって所望のデッドタイムは変化しますので、上記値はあくまで初期値として最終的には実機にてご調整ください。

なお、Ct コンデンサ容量は、100k~500kHz の範囲内で設計される場合、470p~2200pF 程度を推奨いたします。Ct コンデンサ容量を小さくしすぎると充放電時のオーバーシュート・アンダーシュートが大きくなってきますので、470pF 程度を最小値としてご検討ください。また、Ct コンデンサ容量を 2200pF よりも大きくすることは可能ですが、ソフトスタート周波数等は低くなりますので起動時等において MOSFET の電流ピークは高くなりやすい方向となります。Ct コンデンサ容量を大きくする場合は電源動作として問題ないかご確認ください。

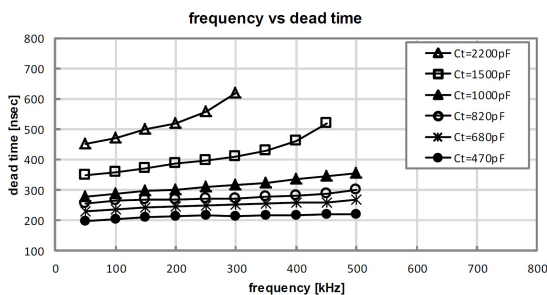


図 47. デッドタイムの関係

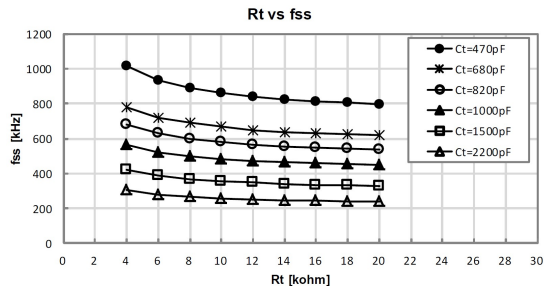


図 48. fss の関係

3.3.2 最低発振周波数 fmin の調整 (Rt 制限抵抗の調整)

最低発振周波数 fmin は、FB 端子-GND 間に接続される Rt 抵抗値により決定されます。Rt 抵抗値と発振周波数の関係は電源特性仕様書の特性図をご確認下さい。特性図より、所望の fmin になる Rt 抵抗値を選定後、fmin を式(5)-(7)により確認して下さい。

ここで、tcharge はデッドタイム期間、tdischarge は片側ゲートオン期間です。また、VFB(top)は FB 充電停止電圧、VFB(bottom)は FB 充電開始電圧です。仕様書記載の規格値には応答遅れ分は含まれておりませんので実際には発振周波数によりオーバーシュート・アンダーシュートが発生します。まずは式(5)-(7)で定数決定後、実測の発振周波数は電源特性仕様書の特性図をご覧のうえ、調整して下さい。

なお、通常動作時の発振周波数に対して fmin を低くすぎると、過負荷時や負荷短絡時に発振周波数が低くなりすぎて FB マスク電圧で OCP や di/dt がマスクされて検出できなくなる可能性があります。fmin を変更した際は負荷短絡時等で OCP や di/dt が検出されているかご確認をお願いいたします。

$$t_{\text{charge}} = \frac{Rt \times Ct \times VFB_{(\text{top})}}{Rt \times 11 \times 10^{-3} - VFB_{(\text{top})}} - \frac{Rt \times Ct \times VFB_{(\text{bottom})}}{Rt \times 11 \times 10^{-3} - VFB_{(\text{bottom})}} \text{ [sec]} \cdots (5)$$

$$t_{\text{discharge}} = -Rt \times Ct \times \ln \frac{VFB_{(\text{bottom})}}{VFB_{(\text{top})}} \text{ [sec]} \cdots (6)$$

$$f_{\text{min}} = \frac{1}{2 \times (t_{\text{charge}} + t_{\text{discharge}})} \text{ [Hz]} \cdots (7)$$

3.3.3 最高発振周波数 fmax の調整 (FB 制限抵抗の調整)

最高発振周波数 fmax はフォトカプラが最大オンした時となりますので、最高発振周波数を定める抵抗値は Rt 抵抗と FB 抵抗の並列接続とみなした時の値で決まります。

例えば、Ct=820pF 時を例に説明します。最低発振周波数を約 150kHz、最高発振周波数を約 300kHz とすると、Rt 抵抗は特性図より 11kohm となります。また、最高発振周波数は特性図を見ると合成抵抗値が約 5.5kohm となるため、Rt 抵抗を 11kohm とした場合、FB 抵抗としては 10kohm 程度になります。最終的には実機にて最高・最低発振周波数をご確認のうえ、定数を決定してください。

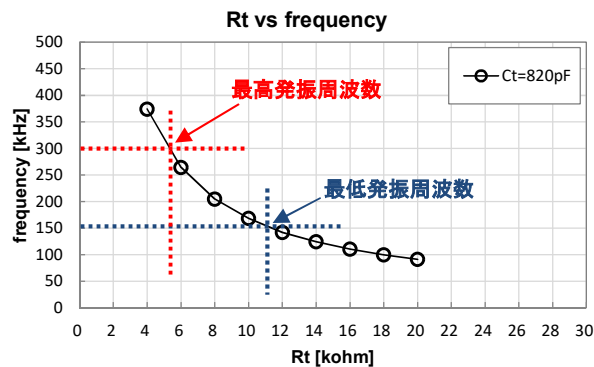


図 49. 最高・最低発振周波数設定例

3.4 ソフトスタートおよび異常時のタイマ充電時間の調整 (SST 端子)

ソフトスタート動作時の SST 端子への SS 充電電流 $I_{sst(chg)2}$ は 30 μ A となります。SST 電圧が SS しきい値 V_{ss} 1.5V 以上になると OCP 動作時の Timer 充電が可能になりますので、ソフトスタート時間は $SST=1.5V$ に到達するまでの時間で計算します。

SST 電圧が 0.6V でゲート出力が開始されてから SST 電圧が 1.5V 到達までの時間を t_{ss} とすると、式(8)のように求まります。ソフトスタート時の SST 端子電圧と発振周波数の関係は、特性仕様書の特性図をご覧ください。OCP 等の異常がない場合、SST 端子電圧は 2.1V まで上昇します。

$$t_{ss} = \frac{0.9 \times C_{ss}}{30 \times 10^{-6}} \quad [\text{sec}] \quad \dots(8)$$

また、OCP1 動作時およびアクティブスタンバイ動作の di/dt 検出時の SST 端子への Timer 充電電流 $I_{timer(chg)1}$ は 40 μ A となります。

SST 電圧が 2.1V で安定後、OCP1 動作により SST 端子電圧が増加していき、 $SST=3.5V$ まで達する時間 T_{timer} は、式(9)のように求まります。

$$t_{timer} = \frac{1.4 \times C_{ss}}{40 \times 10^{-6}} \quad [\text{sec}] \quad \dots(9)$$

OCP2 動作時の SST 端子への充電電流は CSO 端子電圧により変わります。CSO < 3.6V の時の Timer 充電電流 $I_{timer(chg)2}$ は 1.7 μ A となります。 $SST=3.5V$ まで達する時間 T_{timer} は、式(10)のように求まります。

$$t_{timer} = \frac{1.4 \times C_{ss}}{1.7 \times 10^{-6}} \quad [\text{sec}] \quad \dots(10)$$

CSO \geq 3.6V の時の Timer 充電電流 $I_{timer(chg)3}$ は 40 μ A となり、 $SST=3.5V$ まで達する時間 T_{timer} は、式(9)のように求まります。

また、 $SST=3.5V$ 到達後の間欠動作時 SST 端子からの Timer 放電電流 $I_{timer(dischg)}$ は、6.0 μ A となります。

なお、間欠動作時発振停止期間は、SST 電圧が $V_{timer(reset)}$ 0.30V まで下がると解除されます。よって、間欠動作時の発振停止時間 $T_{timer(停止)}$ は、式(11)のように求まります。

$$t_{timer(停止)} = \frac{3.2 \times C_{ss}}{6.0 \times 10^{-6}} \quad [\text{sec}] \quad \dots(11)$$

3.5 過電流保護(OCP、di/dt)ポイントの調整 (CS、CSO 端子)

LLC 部の過電流検出は CS 端子にて行います。

共振コンデンサ C123 に流れる電流 I_{pk} を検出抵抗 R141 にて電圧変換し、R143 および R144 にて分圧した電圧を CS 端子にて検出します。

なお、CS 端子は 100 μ A の CS 端子電流が流れますので、R143 は 10~47ohm 程度を推奨します。

また、スイッチングノイズによる誤動作を防ぐため、C141 にはフィルタ用のコンデンサを挿入してください。フィルタ用コンデンサは 0.01 μ F 程度を推奨します。

過電流保護機能は OCP1 が $\pm 0.500V$ 、OCP2 が $\pm 0.350V$ となりますので OCP2 の方が先に働きます。

所望の OCP2 動作時の共振コンデンサ電流を I_{pk} とすると、電圧検出抵抗 R141 は式(12)を満たす定数にする必要があります。式(13)より R143 および R144 を求めます。なお、R143 は 10ohm~47ohm 程度として R144 の定数を求めます。なお、2.4.4 に記載の OCP2 の入力電圧補正機能により、OCP2 検出しきい値は最大で 0.25V まで下がりますので、式(12)~(14)の 0.35 を置き換えてご計算ください。

最後に式(14)に実定数を入力して、所望の I_{pk} 値になるか確認します。

$$R141 > \frac{0.35}{I_{pk}} \quad [\Omega] \quad \dots (12)$$

$$R144 = \frac{0.35 \times R143}{I_{pk} \times R141 - 0.35} \quad [\Omega] \quad \dots (13)$$

$$I_{pk(cal)} = \frac{R143 + R144}{R144 \times R141} \times 0.35 \quad [A] \quad \dots (14)$$

CSO 端子にはコンデンサ C152 および抵抗 R164 を接続します。OCP1 および OCP2 動作時に CSO 端子を充電して発振周波数を可変させます。OCP1 および OCP2 動作時の CSO 端子充電電流は表 6 をご覧ください。CSO 端子に接続するコンデンサは実機にて応答をご確認の上、調整してください。初期値としては、C152 が 1000p~1.0 μ F、R164 は CSO による周波数の絞り込みを行う条件では 220k Ω 程度となります(周波数絞り込みを行わない条件では、10k Ω 程度)。負荷短絡時などで早めに発振周波数を絞って安全にタイム間欠ラッチさせたい場合、C152 は 1000pF、R164 は 100k Ω もしくはオープンなどにして応答を早めてください。この場合、OCP2 を検出した際の応答は早くなりますので、通常動作範囲において OCP2 を検出して出力電圧が低下しないかなどご確認ください。

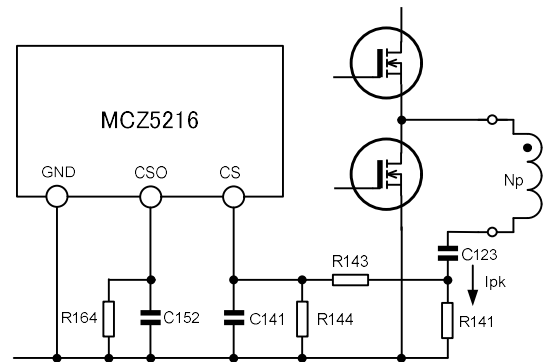


図 50. 過電流検出回路

3.6 アクティブスタンバイ使用時の回路定数の設定

アクティブスタンバイ使用時の回路構成例を図 51 に示します。

ASTBY 端子電圧が 3.2V 以上でアクティブスタンバイモードになります。ASTBY 端子電圧が 4.0V 以上になるとバーストモードとなるため、アクティブスタンバイモード時の ASTBY 電圧は 3.2V 以上で 4.0V 未満になるように設定します。

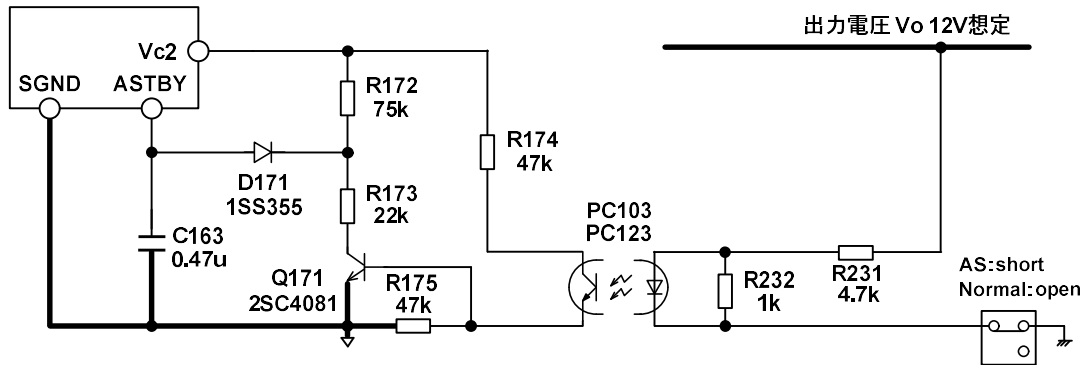


図 51.アクティブスタンバイ回路例

図 51 は 2 次側 SW を GND とショートすることにより、アクティブスタンバイモードになる回路例です。2 次側 SW を GND とショートすると PC103 のフォトカプラが導通し Q171 がオンします。そのため、R172 と R173 の分割抵抗で決まる電圧に D171 の Vf 分を足した値が ASTBY 端子電圧に発生します。D171 に流れる順方向電流は 1mA 以下となりますので、その時のダイオード Vf をご確認ください。

なお、D171 の逆方向電流が大きいとノーマルモードにおいても ASTBY 電圧が上昇してしまう可能性があります。D171 を選定の際は 1uA 以下などの低逆方向電流タイプのダイオードを選定してください。

3.7 バースト使用時の回路定数の設定

バーストモード使用時の回路構成例を図 52 および図 53 に示します。図 52 および図 53 は出力電圧 12V から DC/DC で 5V を出力した時を想定しています。

バーストモード時の 12V 出力電圧下限は R223 および R224 抵抗値で決まります。IC202 のリファレンス電圧を 2.5V、R223 : 47kohm、R224 : 22kohm とした場合、出力電圧の下限は 7.84V となります。

ノーマル・アクティブスタンバイ時の BURST 端子放電電流は 400uA となりますので、R159 と R164 抵抗値を小さくしすぎると BURST 端子電圧が持ち上がり、間欠動作になってしまう可能性があります。R159 は 15kohm 程度とし R164 抵抗値でバースト周期を調整してください。R164 は Vc2 UVLO を考慮し、補助巻線電圧が約 10V 時に BURST 端子電圧が 1.5V 以上になるようにしました。

R165、C157 はバースト周期などを考慮して決定しております。D163 は 3.6 項の D171 同様に低逆方向電流タイプのダイオードを選定してください。

図 52 の R166 はノーマルモード時に 1.8V 以下になる必要があります。例えば、カプラが完全にショートしたとして R166 が 470kohm の場合、ASTBY 充電電流は 2.5uA となるため、ASTBY 端子電圧は 1.18V まで持ち上がる計算になります。なお、バースト時に負荷を重くしていくと PC102 がオンする回数が増え ASTBY 端子が放電する時間が長くなります。ASTBY 充電電流より放電電流が大きくなると、ASTBY 端子電圧が低下してバーストモードを解除してしまう場合があります。バースト周期が短くなる可能性がある場合は図 53 の回路構成にしてください。

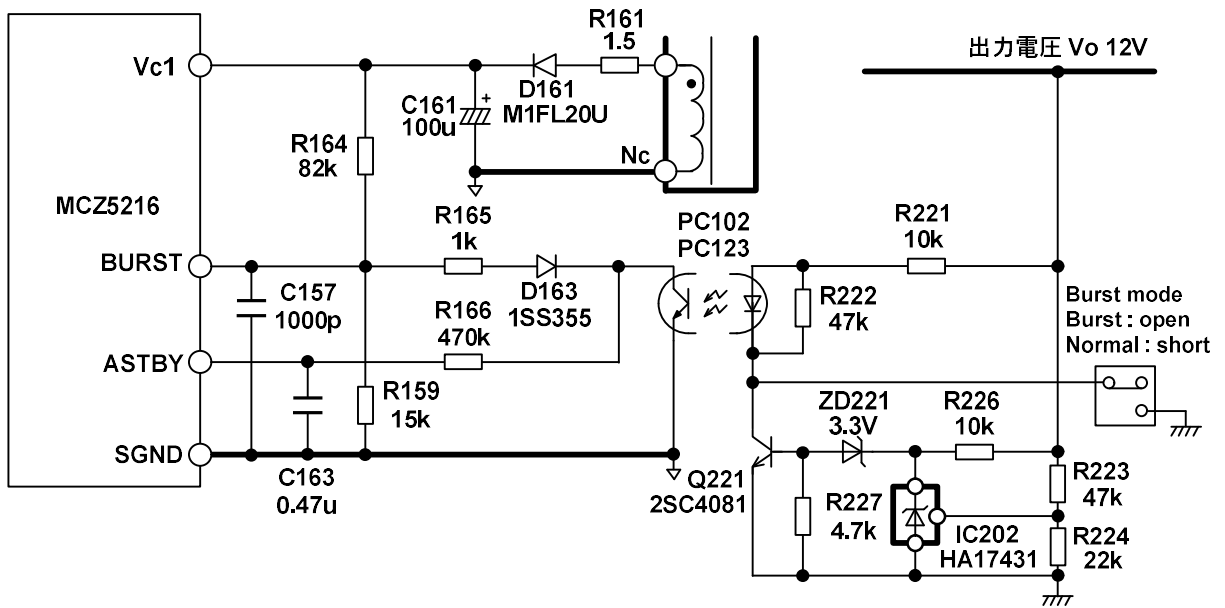


図 52. アクティブスタンバイ回路例(カプラ 1 個の場合)

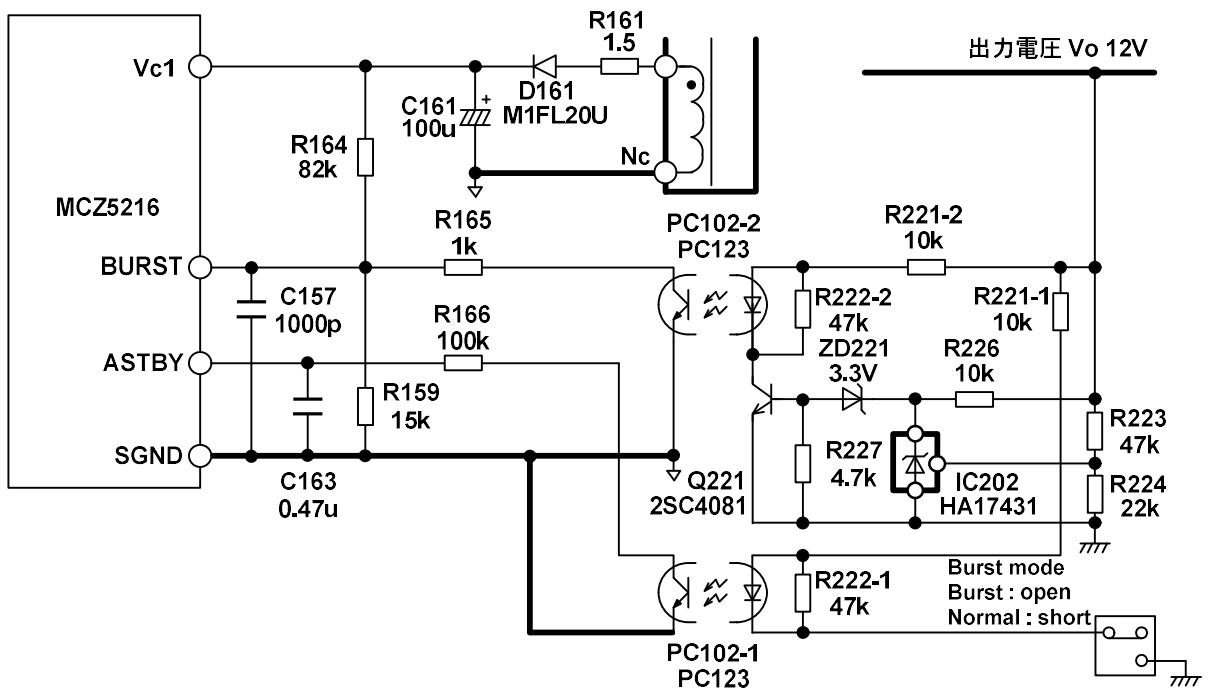


図 53. アクティブスタンバイ回路例(カプラ 2 個の場合)

4 IC 周辺パターンレイアウト注意点

4.1 IC 周辺パターンレイアウト注意点

スイッチング電源基板のパターンレイアウトは電源特性に影響を与えます。MCZ5216ST は高圧・大電流をスイッチングさせますので、パターンの引き回しには十分な注意が必要になります。

パターンのインダクタンス成分によるノイズの発生などを最小限にするため、主回路のパターン設計は極力太く短くすることが重要になります。また、制御系のパターンは電界や磁界の影響を受けないように配線してください。

主要な項目ごとに注意点をまとめましたのでご参考にしてください。

① 主電流経路の配線

入力コンデンサへ戻る主電流ラインとは独立したパワー系 GND をローサイド MOSFET のソースから IC の GND へと接続してください。また、信号系 GND はパワー系 GND と別ラインとし信号系 GND とパワー系 GND は IC GND 端子直近で接続してください。

② 信号系ラインの配線

信号系ライン(FB 端子や CS 端子、Vc1/2 端子等)のコンデンサ・抵抗等の部品は誤動作防止の為、なるべく IC 直近に接続してください。

FB 端子フォトカプラ間およびフォトカプラからの戻りのパターンと高圧スイッチングライン(例えば、共振コンデンサ等)のパターンが近いと、FB 端子電圧が振られてハイサイド・ローサイドゲート出力に影響を与える可能性があります。高圧ラインや共振コンデンサ、トランスからはなるべく離してパターン配置してください。

CS 端子は過電流検出する端子であり、検出抵抗から CS 端子間のパターンと上記高圧スイッチングラインのパターンが近いと CS 端子電圧が振られて誤動作する可能性があります。FB 端子同様に高圧ラインや共振コンデンサ、トランスからはなるべく離してパターン配置してください。

③ ゲート出カラインの配線

ゲート充放電電流は、鋭いスパイク状であり、パターンや部品の寄生 L/C によるサージ電圧は IC 不安定動作の原因になりますので、ドライブループと信号系 GND は分離してください。

④ 高圧ラインの配線

ブートストラップ平滑コンデンサは極力 IC に近くに配置し、ハイサイド MOSFET のソースに繋がる VS ラインは主スイッチング電流ラインとは分離し、MOSFET のソースに直結してください。

【波形観測時注意点】

(a) 各 MOS 電流測定時

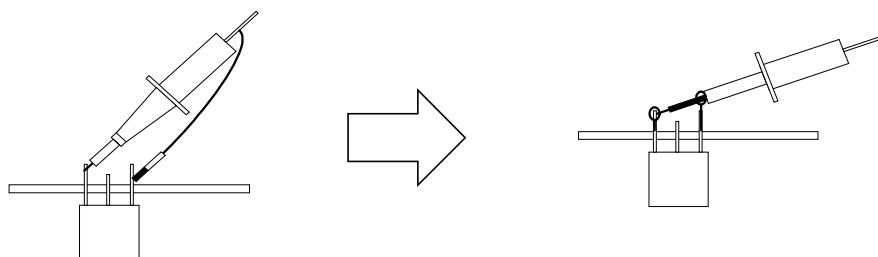
引き出し線材の寄生インピーダンスの影響を抑えるためにも 500V 以上の耐電圧がある線材を使用し極力短い配線で接続して下さい。また、DC プローブを使用して下さい。

(b) 高電位側電圧測定時

LLC MOSFET、1 次側共振コンデンサ、トランス等は高電圧部分であるためプローブ耐圧にご注意下さい。また、LLC ハイサイド MOS、VGH、VS、VB 端子はフローティング回路の為、フローティング部観測の際は校正された差動プローブを使用して下さい。

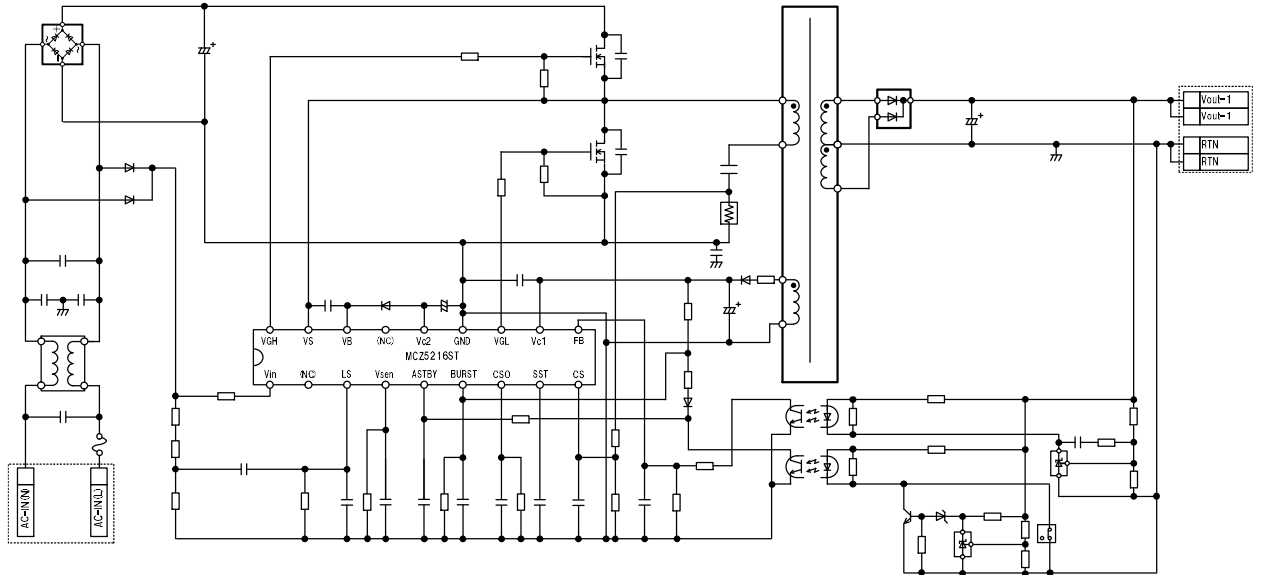
(c) 低電位側測定時

FB 端子など低電圧・高周波端子を観測する際は、プローブ GND の取り方によりスイッチングノイズが重畳し、実際の波形とは異なる波形が観測される場合がございます。サージ電圧成分が測定に影響を及ぼすような場合は、電圧プローブの GND はリードを使わず、下図のように測定ポイントにピンを立て直接 GND を測定して下さい。特に FB-GND 間は LLC 部の発振周波数を決定する端子であり、プローブ接続による影響を取り除く為にも、プローブ観測時の GND の接続にはご注意ください。



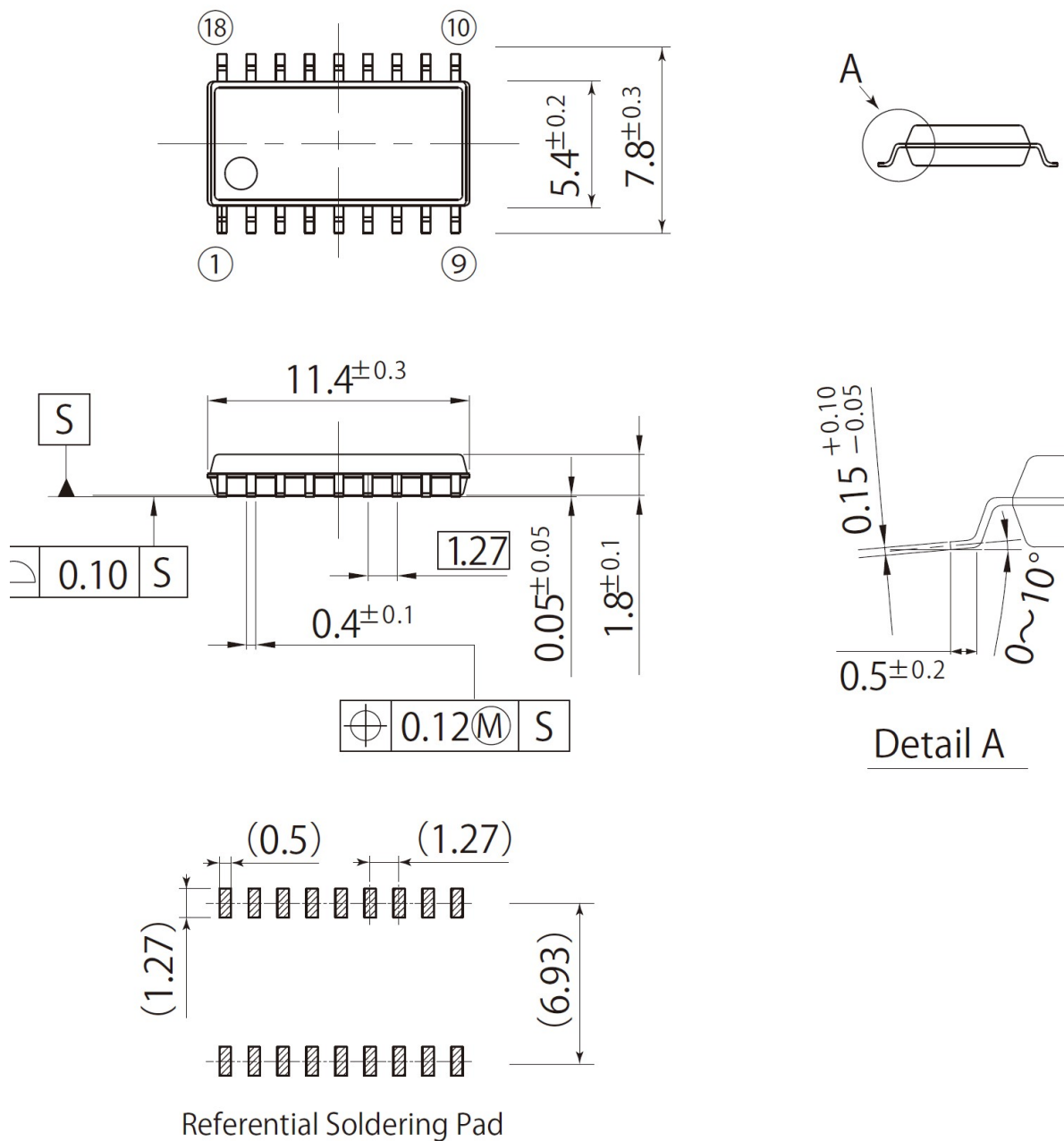
5 回路例

5.1 代表回路図



6 外形寸法図(正式寸法に関しては納入仕様書をご覧ください)

6.1 SOP18 (MCZ5216ST)



Notes: