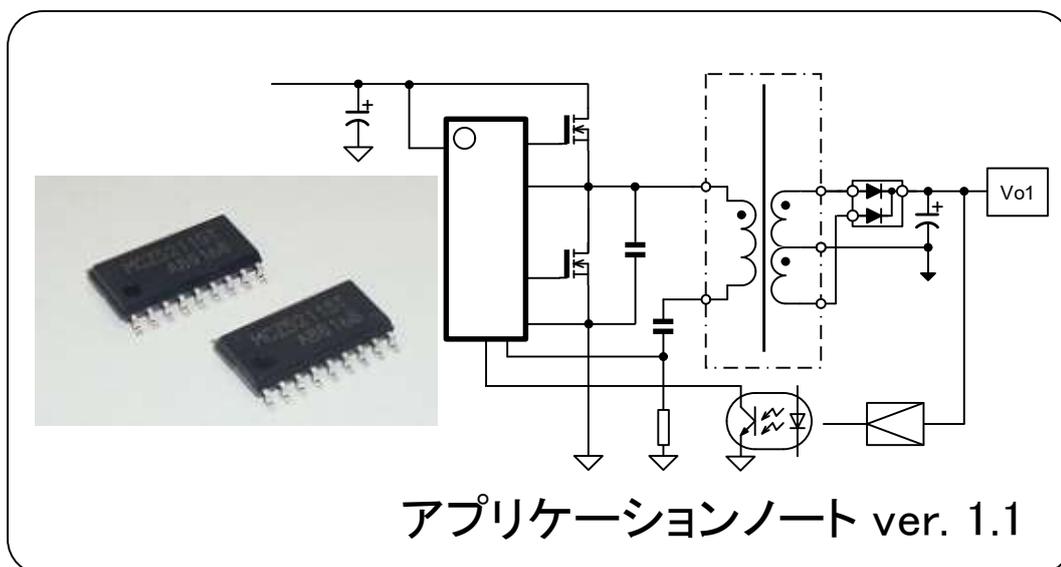


スタンバイ対応自己起動端子付
LLC電流共振ブリッジコンバータ
制御 IC

MCZ5211ST



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をお願いします。
- 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商品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: 動作モード	7
2.2: 電源供給部	8-9
2.3: 各端子動作詳細	
2.3.1: ゲートドライバ出力 (VGL、VGH 端子)	10
2.3.2: 発振制御部 (FB 端子)	11-12
2.3.3: ブラウンアウト保護 (Vsen 端子)	13
2.3.4: 過電流保護機能 (CS、CSO 端子)	14-17
2.3.5: OCP2 の入力電圧補正 (CS、SSD 端子)	18-19
2.3.6: ソフトスタート、起動時 di/dt 保護、ラッチ停止機能 (SST 端子)	20-22
2.3.7: ハイサイドドライバ電源 (VB 端子)	23
2.3.8: 軽負荷領域損失改善機能 (ASTBY、Burst 端子)	23
2.3.8.1 : アクティブスタンバイ機能	24-25
2.3.8.2 : バースト機能	26-27
2.3.9: 過熱保護機能 (TSD 機能)	28
2.3.10: Vc1 過電圧保護機能 (Vc1 OVP 機能)	28
2.4: 参考	28
3 : 周辺回路定数の決定	
3.1: 入力監視電圧部 (Vsen 端子)	29
3.2: 発振制御部 (FB 端子)	30-31
3.3: 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)	32
3.4: 過電流保護 (OCP、di/dt) ポイントの調整 (CS 端子)	33
3.5: アクティブスタンバイ使用時の回路定数の設定	34
3.6: バースト使用時の回路定数の設定	34-35
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	36-37
5 : 回路例	
5.1: 代表回路図	38
6 : 外形寸法図	
6.1: SOP18 (MCZ5211ST)	39

1 概要

MCZ5211ST 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。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。**NEW**
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. 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)
4. 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。
5. 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。
6. V_{c1} 耐圧 35V により幅広い入力電圧に対応。(V_{c2} UVLO 10V/7.5V typ.)
7. MOSFET 駆動電源用レギュレータ(V_{c2})を内蔵し、安定ドライブを実現。
8. 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。
9. 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。
10. Brown Out 時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。
11. 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)に入力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。**NEW**
12. 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。
13. 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。
14. 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。
15. 外部信号による即ラッチ停止機能(SST 端子)を搭載。
16. V_{c1} OVP 機能(即ラッチ停止)を搭載。**NEW**
17. 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

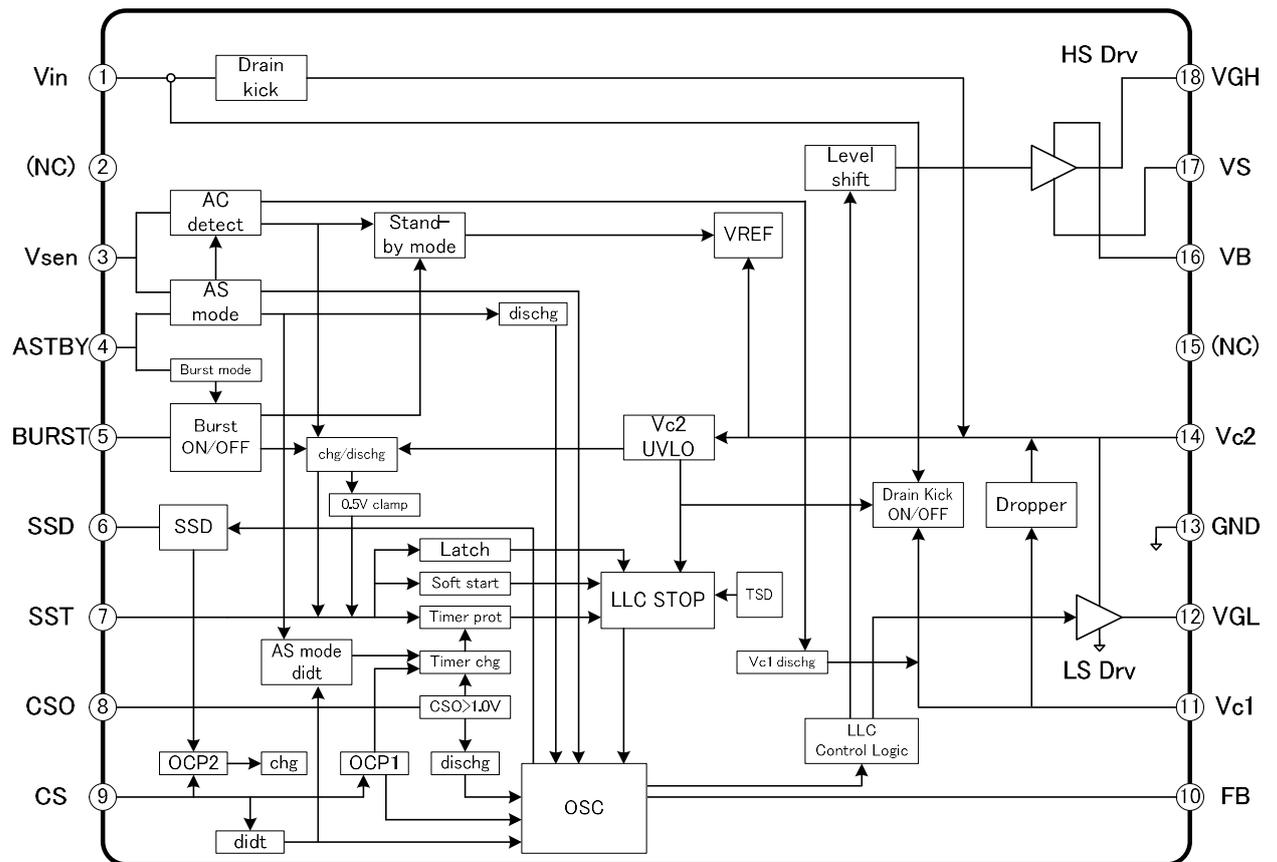


図 1 . MCZ5211ST ブロック図

1.3 端子配置図



図 2 . MCZ5211ST 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 起動回路用の入力端子です。
2	NC	未接続端子
3	Vsen	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。
4	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。
5	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。
6	SSD	OCP2 しきい値調整端子、ノーマル・バースト動作モード出力端子 動作モード出力(ノーマル・AS→100uA、バースト→0uA)、OCP2 検出しきい値設定
7	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 LLC 部の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。
8	CSO	過電流平均化検出応答調整用端子 OCP 2 検出時の応答を調整する端子です。
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	制御回路の電源供給端子 制御 IC の電源供給端子です。
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	ハイサイドドライバの基準電源端子 IC の GND 接続端子です。
14	Vc2	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、MCZ5211ST 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は詳細は特性仕様書の特性図をご覧ください。

2.1 動作モード

MCZ5211ST には 2 つの制御方法および 3 つの動作モードがあります。

【制御方法】

- a) 対称制御
- b) 非対称制御

【動作モード】

- 1) ノーマルモード
- 2) アクティブスタンバイモード(AS モード)
- 3) バーストモード

なお、特に動作モードの記載がない場合は、ノーマルモードを基準に記載しています。

表 1 に対称制御時および非対称制御時の動作波形を示します。
また、表 2 に各動作モードにおける制御方法・動作方法について示します。

表.1 対称制御および非対称制御の動作波形

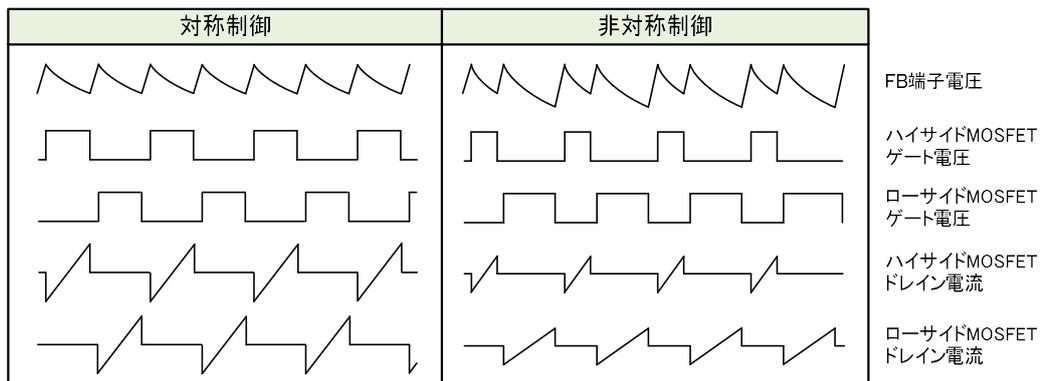


表.2 各動作モードでの制御／動作

動作モード	制御方法	動作方法
1) ノーマルモード	対称制御	連続動作
2) アクティブスタンバイモード	非対称制御	
3) バーストモード		バースト動作

MCZ5211ST の各動作シーケンスを 2.2 項および 2.3 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。

2.2 電源供給部

MCZ5211ST は起動抵抗を必要としない起動回路を内蔵していますので、部品点数が少なく簡単に動作させることができます。

図 3 に自己起動回路の概略図を示します。

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、高耐圧スイッチと定電流回路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、ダイオードを介して Vc1 端子に印加されます。なお、Vc1 端子の耐圧は 35V となります。

Vc1 に発生した電圧は IC 内部ドロップを介して Vc2 に電圧を供給します。

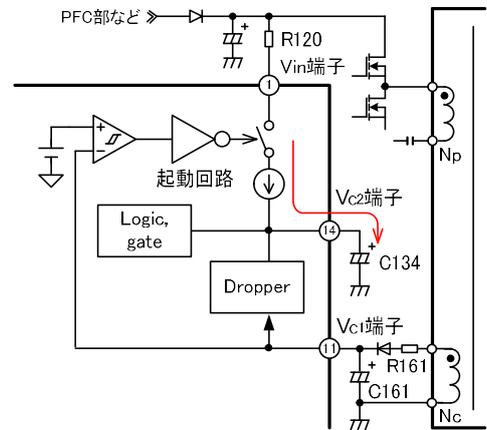


図.3 自己起動回路概略図

【R120 抵抗について】

LLC 部入力部と 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 3 に示すように R120 を挿入します。

R120 は起動したい所望の入力電圧時にドレインキック供給電流が十分流せ、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。R120 は 1k \sim 2.2k Ω のヒューズ抵抗を推奨します。

【R161 抵抗について】

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 100 μ ～220 μ F の場合、1.5 Ω ～47 Ω 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 電圧上昇が遅くな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.3 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	Idk(on)1	Vin=100V、Vc2=1.0V	2.8 mA
ドレインキック供給電流 2	Idk(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)	Idk=Idk(on)1 \rightarrow Idk(on)2	2.5 V
ドレインキック ON 時 Vc2 電圧	Vc2(dkon)	Vin=100V、Vc1=0V	12.8 V
ドレインキック OFF 時 Vc2 電圧	Vc2(dkoff)	Vc1=16V	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	Vc2(st)		10 V
Vc2 動作停止電圧	Vc2(sp)		7.5 V

電源起動時の動作シーケンスを図4に示します。

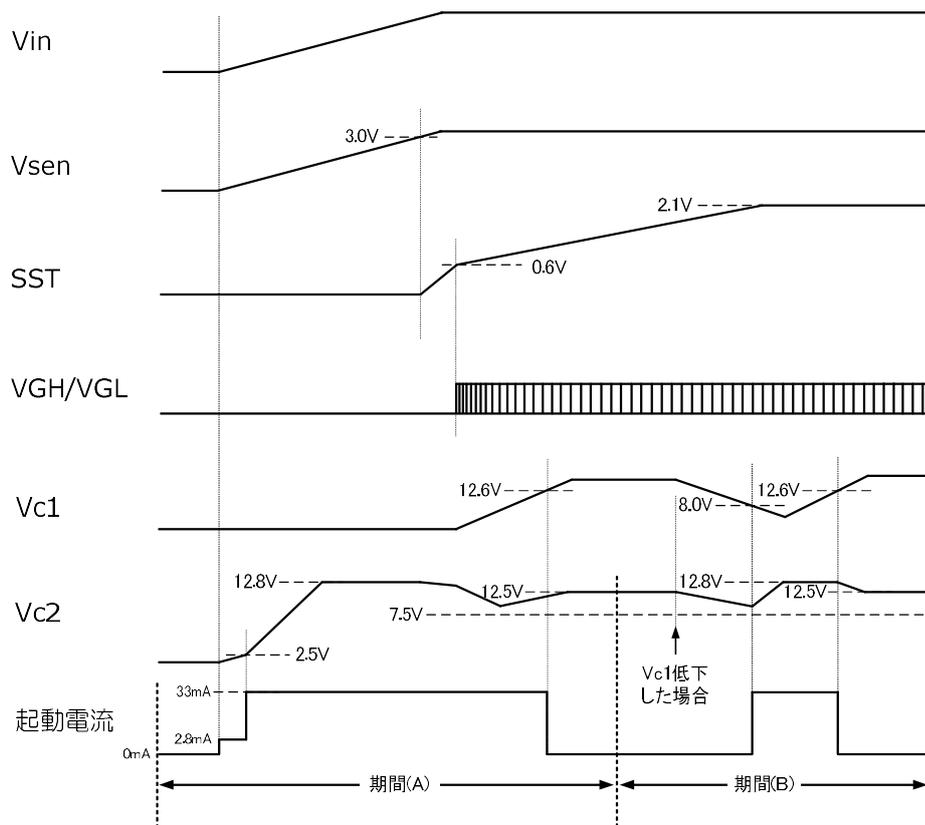


図4 起動シーケンス図

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 $I_{dk(on)1}=2.8mA$ 、Vc2=4V 時が $I_{dk(on)2}=33.0mA$ です。

【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 12.8V になるまで充電されます。Vc2 端子電圧が 10V 以上、Vsen 端子電圧が 3.0V 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 端子電圧は Vc2(dkoff) 12.5V 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 MCZ5211ST 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、100 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 MCZ5211ST 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 ~1.0 μ F 程度の MLCC を挿入してください。

2.3 各端子動作詳細

2.3.1 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 2.3.2 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 5(A)に示します。

Qg の大きい MOSFET 等を使用される場合は図 5(B),(C)のようにシンクダイオードを接続してください。シンク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)リカバリダイオードは使用しないでください。弊社 **D1NS4**(アキシャル)や **M1FM3**(面実装)を推奨いたします。

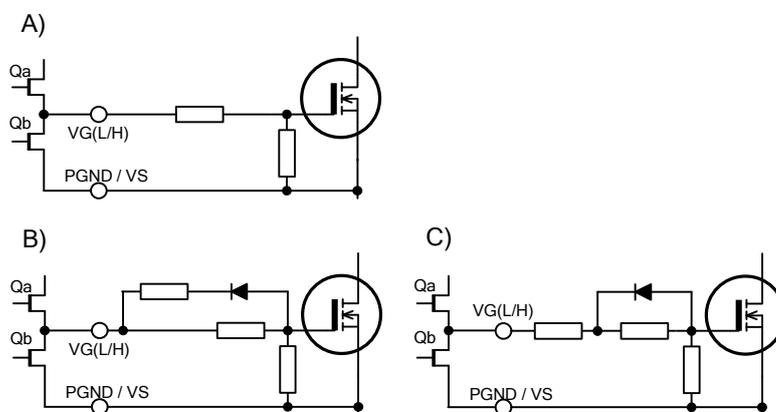


図 5 . ゲート駆動回路例

表.4 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

2.3.2 発振制御部 (FB 端子)

MCZ5211ST 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。 C_t の放電時間に VGL, VGH が交互に出力します。また、 C_t の充電時間は VGL, VGH 出力が同時に OFF するデッドタイム (DT) になります (図 6 参照)。

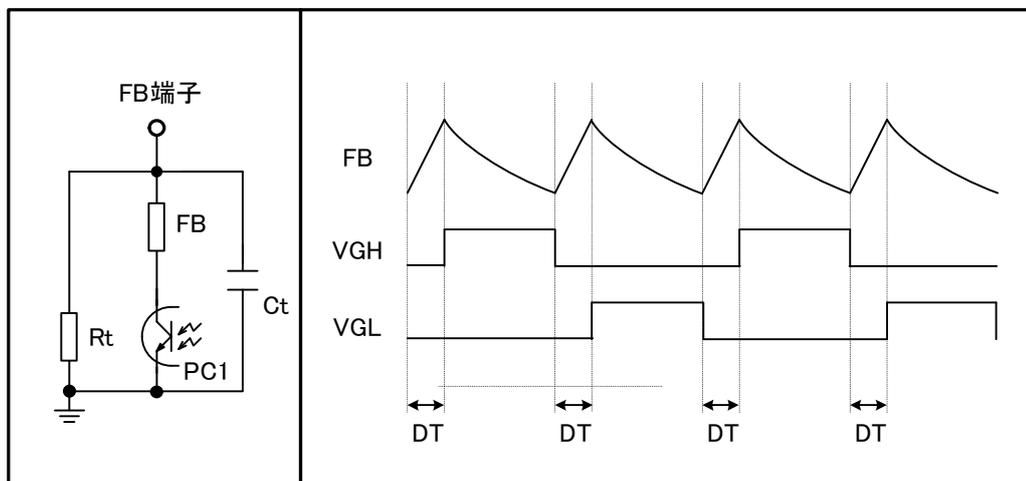
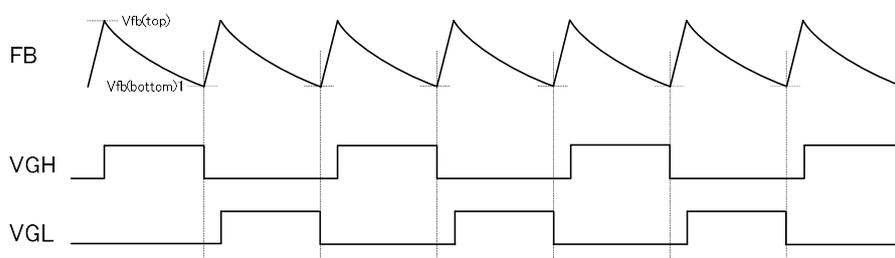
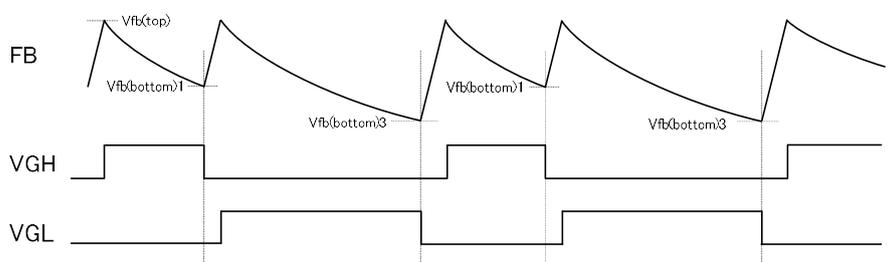


図 6. FB および VGL、VGH 動作波形

各動作モードにおける FB 端子充放電タイミングを図 7 に示します。



(A) ノーマルモード



(B) アクティブスタンバイモードおよびバーストモード

図 7. 各動作モードにおけるゲートオン・オフタイミング

MCZ5211ST 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 8 参照)。

軽負荷時など、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)確保が容易です。

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。(2.3.6 項参照)

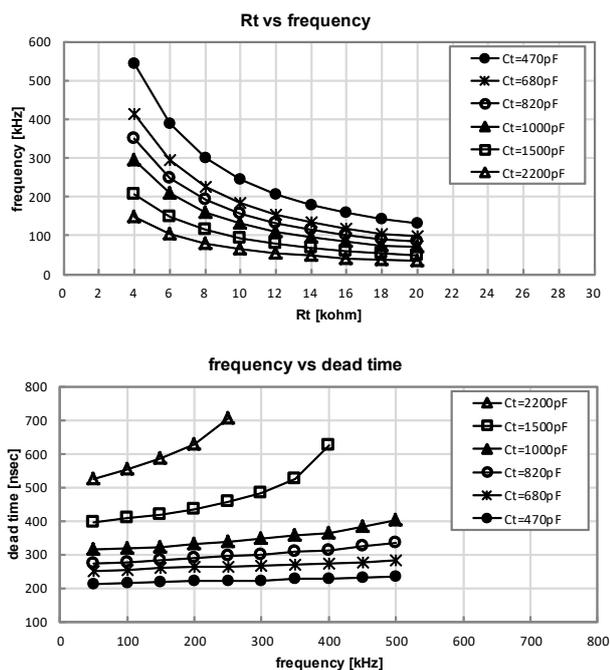


図 8 . Rt 抵抗と発振周波数(上)および発振周波数とデッドタイム(下)の関係

表.5 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	-9.0 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)2}	ASTBY=open	2.7 V

2.3.3 ブラウンアウト保護 (Vsen 端子)

Vsen 端子は入力電圧を監視し、その値に応じてゲートドライブ出力の禁止、SST 端子の充放電制御を行います。この機能により Vc1 が印加された状態の入力電圧投入や入力電圧の瞬低および瞬断時などに共振はずれ動作に移行することを防ぎます。各端子の電圧とタイミングは図 9 をご覧下さい。

入力電圧上昇時、Vsen 端子電圧が **Vsen1(ss-reset) 3.00V** に達すると、SST 端子を充電します。SST 端子電圧が **Vss(st) 0.6V** 以上になるとゲート出力を開始します。これにより、発振開始直後は発振周波数が高い状態から起動を開始し、徐々に SST 端子が充電され発振周波数を低くしていくことにより安全な起動を実現します。(SST 端子機能については、2.3.6 項をご覧下さい。)

入力電圧低下時、Vsen 端子電圧が **Vsen2(ss-reset) 2.75V** 以下になると、SST 端子を放電します。SST 端子が放電されることにより徐々に発振周波数を高くし、SST 端子電圧が **Vss(sp) 0.5V** 以下になると、ゲート出力を停止します。これにより、再度 Vsen 端子電圧が **Vsen1(ss-reset)** 以上になったときに発振周波数が高い状態から発振開始し共振はずれになることを防ぎます。

また、Vsen SS-Reset しきい値にはヒステリシスがあるため、PFC 出力電圧リップル等による Vsen ON/OFF 誤動作を防ぐことが出来ます。

なお、Vsen 端子 ON/OFF のしきい値は、表 6 のように各動作モードにより自動的に切り替わります。

表.6 各動作モード時の Vsen ON/OFF しきい値

動作モード	Vsen ON (Vsen 1 or 3)	Vsen OFF (Vsen 2 or 4)
ノーマルモード	3.00V	2.75V
アクティブスタンバイモード	0.85V	0.75V
バーストモード	0.85V	0.75V

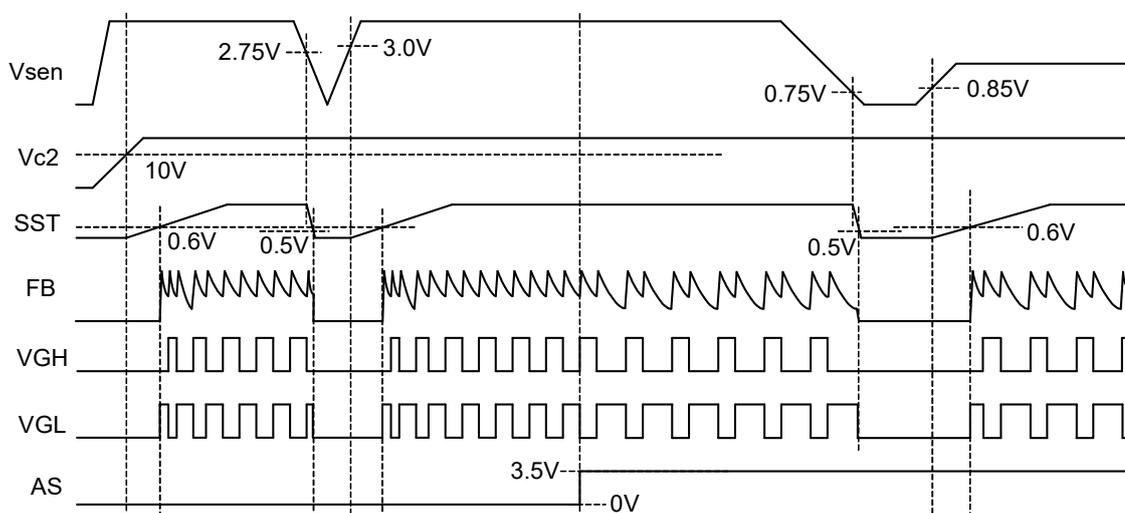


図 9 . Vsen 端子と各出力タイミングチャート図(AS OFF および AS ON 動作時)

表.7 Vsen 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
入力電圧監視しきい値 1	Vsen1	ASTBY<Vas(stpoff)	3.00 V
入力電圧監視しきい値 2	Vsen2	ASTBY<Vas(stpoff)	2.75 V
入力電圧監視しきい値 3	Vsen3	ASTBY>Vas(stpoff)	0.85 V
入力電圧監視しきい値 4	Vsen4	ASTBY>Vas(stpoff)	0.75 V

2.3.4 過電流保護機能 (CS、CSO 端子)

MCZ5211ST 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 10 に示します。

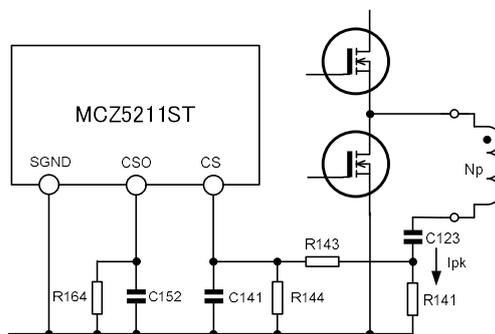


図 10. CS および CSO 端子接続例

図 10 のように共振コンデンサ C123 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 3.4 項をご覧ください。

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.8 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 $\pm 0.550\text{V}$ を超えた時
②	OCP2	Frequency limit OLP	CS 端子電圧が $\pm 0.350\text{V}$ を超えた時
③	di/dt	Capacitive mode protection	CS 端子電圧が $\pm 0.060\text{V}$ を下回った時

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

【OCP1】

OCP1 は CS 端子が $\pm 0.550\text{V}$ を超えると動作します。

図 11 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 $+0.550\text{V}$ 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、 -0.550V 以下になると OCP1 検出が動作します。

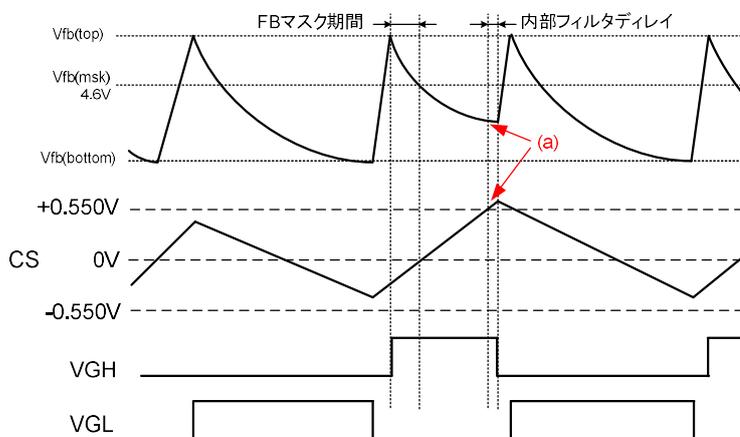


図 11. OCP1 動作シーケンス

OCP1 検出が動作すると MCZ5211ST 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) SST 端子を FB 充放電の 8 周期分 40uA にて充電します。

(c) CSO 端子を OCP1 検出の次の周期の FB マスク電圧までの期間分 25uA にて充電します。

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、SST 端子を充電することにより異常状態が長く続いた際にタイマ間欠動作後、ラッチ停止をさせることが出来ますので、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 Timer 放電電流(refresh) 600uA 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。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 200ns 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 が充電されるまでに約 200ns 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 検出電圧は OCP2 検出電圧よりも高い値に設定されておりますので、OCP1 が動作している期間は OCP2 も検出電圧を超えておりますが、OCP1 および OCP2 が同時に検出された場合は OCP1 検出が優先されるシーケンスとなっております。

【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 MCZ5211ST 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。

- ・ $0.9V \leq CSO < 1.0V$: SST 端子への充電は行いません。
- ・ $1.0V \leq CSO < 2.0V$: SST 端子を 1.7uA で充電します。
- ・ $2.0V \leq CSO \leq 2.5V$: 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 25uA 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) 650uA 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 12 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 0.9V で維持されています。

前述の OCP1 および OCP2 が動作すると、図 13 に示すように CSO 端子が充電され CSO 端子電圧が 1.0V 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 2.5V まで充電されます。

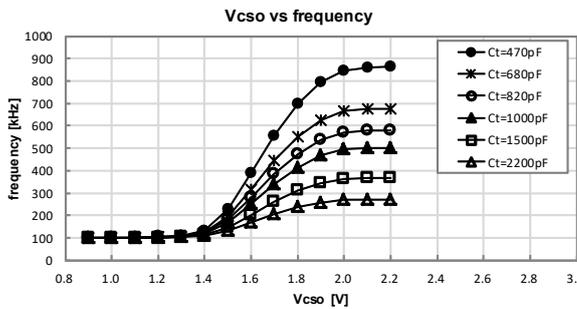


図 12. CSO 電圧 VS 発振周波数

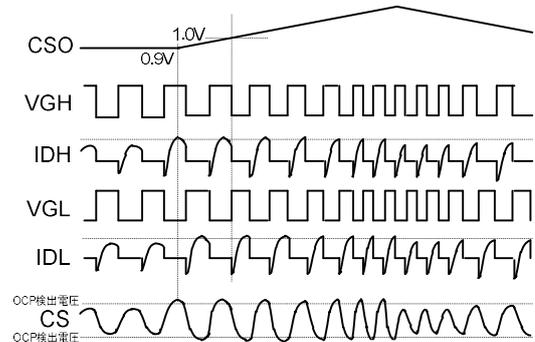


図 13. CSO 電圧動作シーケンス

【di/dt】

di/dt は図 14 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 MCZ5211ST 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。

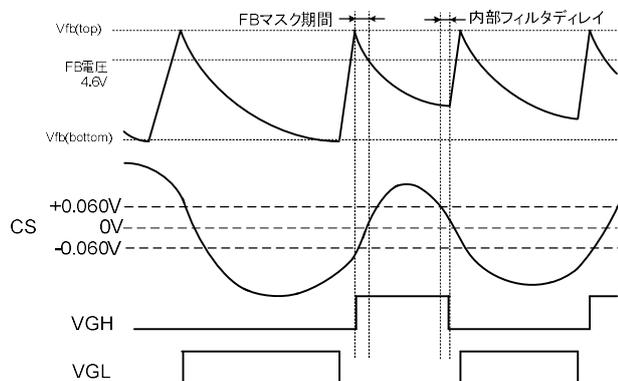


図 14. di/dt 動作シーケンス

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 9 に示します。

表.9 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)
	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)	(D)
	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) FBL の 8 周期間分 SST 端子を 40uA にて充電

(B) OCP1 検出の次の周期の FB マスク電圧までの期間分 CSO 端子を 25uA にて充電

(C) FBL の 8 周期間分 SST 端子を 1.7uA($1V \leq V_{cso} < 2.0V$)、40uA($2.0V \leq V_{cso}$)にて充電

(D) 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 25uA にて充電

表.10 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(+)		0.550 V
OCP1(-)検出電圧	Vocp1(-)		-0.550 V
OCP2(+)検出電圧 1	Vocp2(+)	SSD=4V	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	-100 uA
OCP2 動作開始 CSO 端子電圧	Vcso(ocp2)		1.0 V
Timer 充電切替 CSO 端子検出電圧	Vcso(tmr)		2.0 V
OCP2 動作時 CSO 端子充電電流	Icso(ocp2)	CSO>Vcso(ocp2)	-25 uA
CSO 端子放電電流	Icso(dis)	CSO=1.2V	10 uA

2.3.5 OCP2 の入力電圧補正(CS、SSD 端子)

MCZ5211ST 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 SSD 端子電圧および FB 端子電圧により変化します。

図 15 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。この補正レベルは SSD 端子に接続する抵抗値により調整が可能です。

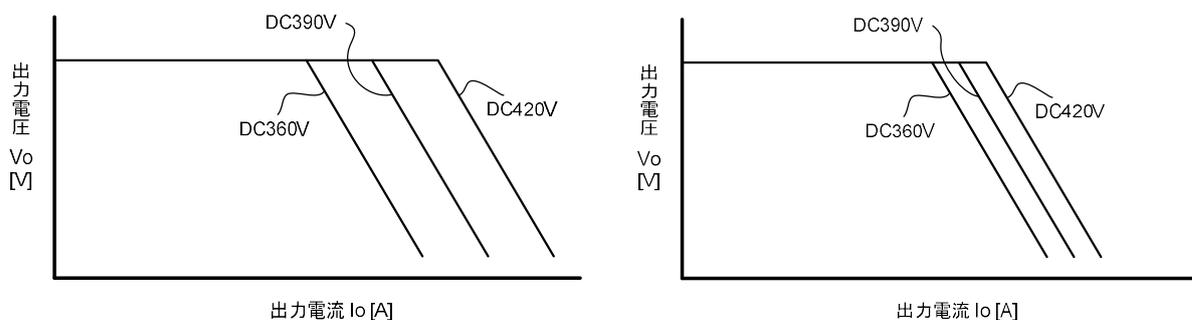


図 15. OCP2 入力補正機能無し(左)、補正機能有り(右)の垂下特性概略図

図 16 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 16(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 16(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 16(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。

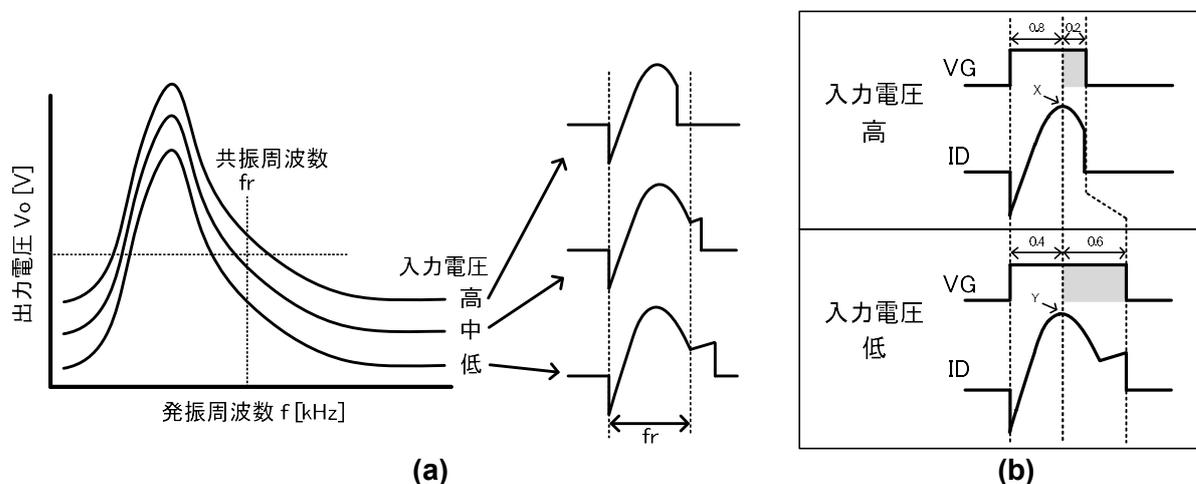


図 16. (a) 入力電圧と動作波形、(b) 入力電圧と電流ピークの関係

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。入力補正レベルは SSD 端子により決まります。SSD 端子周辺回路図を図 17 に SSD に接続する外部抵抗値と SSD 電圧の関係を図 18 に示します。SSD 端子は IC 内部より-100uA の電流で充電を行っております。そのため、外部抵抗値により SSD 端子電圧は決まります。

SSD 端子の充電電流は表 11 に示すようにノーマル・AS モードとバーストモードで切り替えております。

表 11 各動作モードと SSD 充電電流の関係

ASTBY 端子電圧	動作モード	SSD 充電電流	CS 入力補正
$0V \leq \text{ASTBY} < 2.2V$	ノーマルモード	-100uA	あり
$2.2V \leq \text{ASTBY} < 3.0V$	非対称ステップモード		
$3.2V \leq \text{ASTBY} < 4.0/3.9V$	アクティブスタンバイモード	-0uA	なし
$4.0/3.9V \leq \text{ASTBY} \leq 5.2V$	バーストモード		

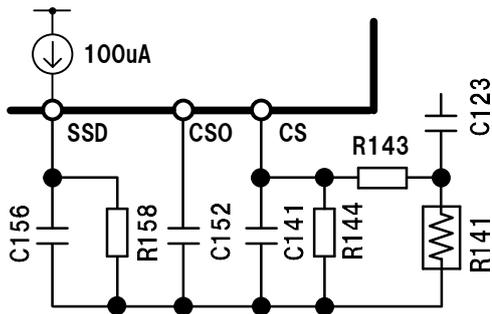


図 17. SSD 端子接続図

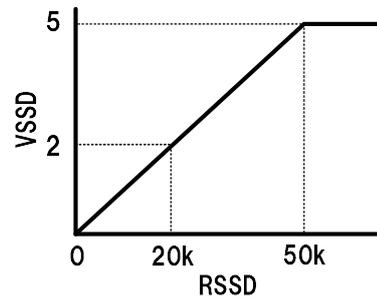


図 18. SSD 抵抗と SSD 電圧の関係

図 19(b)および(c)に SSD 端子電圧と OCP2 しきい値の関係を示します。Vocp2(+1) が OCP2 検出しきい値動作開始電圧で 0.35V で一定、Vocp2(+2) が OCP2 検出しきい値下限電圧で SSD 端子電圧によって設定されます。図 19(a)のように OCP2 検出しきい値は FB マスク電圧 Vfb(msk)までは Vocp2(+1) で固定となり、Vfb(msk)未満になると FB 端子電圧に応じて徐々に OCP2 検出しきい値を下げていきます。FB 端子電圧が FB 充電開始電圧 1 Vfb(bottom1)に到達した所で OCP2 検出しきい値は Vocp2(+1) 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。ローサイド期間には FB 端子電圧によらず常に-0.35V のしきい値となります。

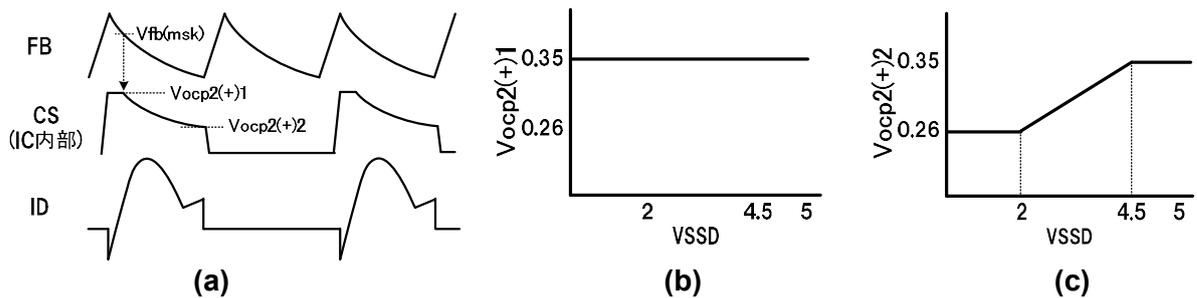


図 19. (a) CS しきい値波形、(b) Vocp2(+1) しきい値、(c) Vocp2(+2) しきい値

表.12 SSD 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
SSD 端子充電電流 1	Issd(chg)1	ASTBY<Vastby(bston/off)	-100 uA
SSD 端子充電電流 2	Issd(chg)2	ASTBY>Vastby(bston/off)	0 uA
SSD 端子開放電圧	Vssd(open)		6 V
OCP2(+)検出電圧 2	Vocp2(+2)	SSD=1V	0.26 V

2.3.6 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

LLC 部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(st) 10.0V** 以上であること。
- ② Vsen 端子電圧が、**Vsen1(ss-reset) or Vsen3(ss-reset)** 以上であること。

SST 端子 0.6V 以上で発振開始、**Vss(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 以下で発振停止いたします。SST 端子電圧と発振周波数の関係は、**図 20** 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、**2.3.6(3)**項をご覧ください。

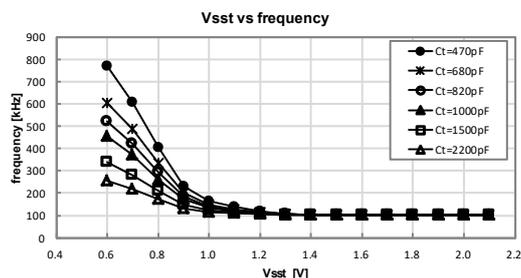


図 20 . SST 電圧と発振周波数

(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。

MCZ5211ST 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 21**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。

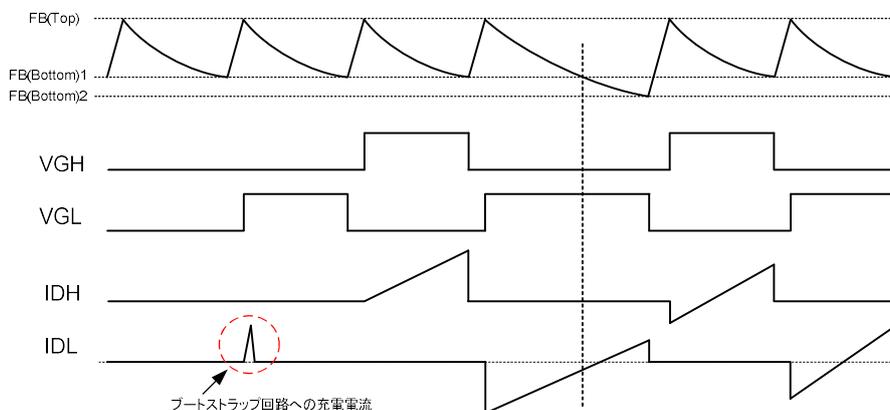


図 21 . Tss(3)動作シーケンス

(3) 過電流保護機能動作時のタイマ間欠ラッチ停止機能

MCZ5211ST 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 9、タイマ間欠ラッチ停止シーケンスは図 22 をご覧ください。

図 22 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 9 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 Csst 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 Vc2 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 22 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 (Vc2 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。

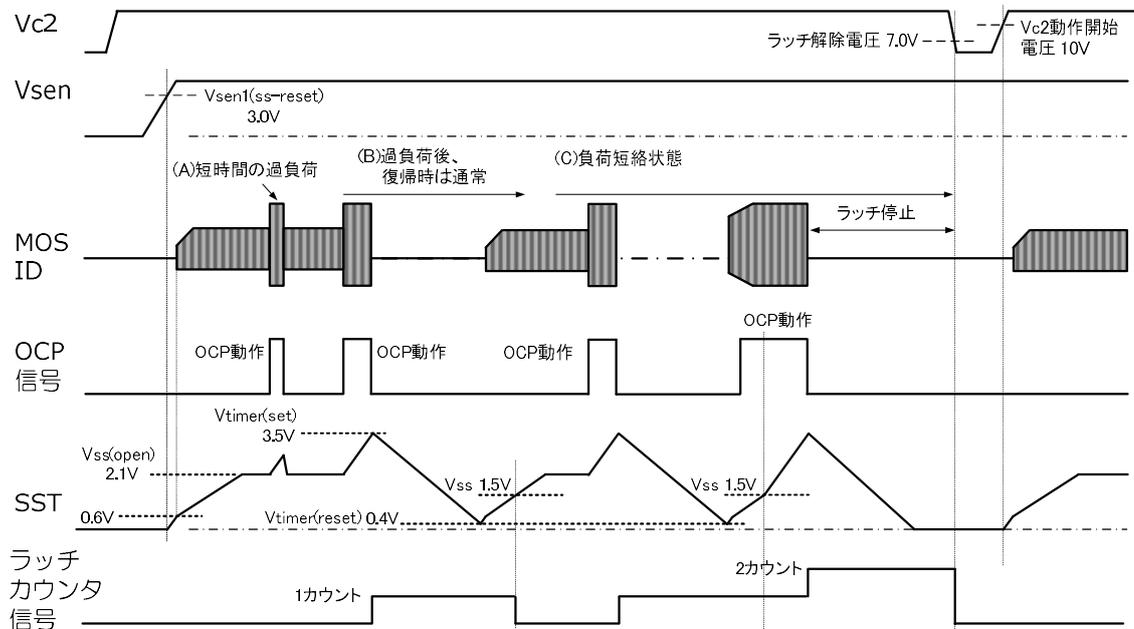


図 22 . SST 動作シーケンス

(4) ラッチ停止機能

MCZ5211ST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23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23. ラッチ停止機能回路構成例

表.13 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)		0.40 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)	3.10 V

2.3.7 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 24 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。)

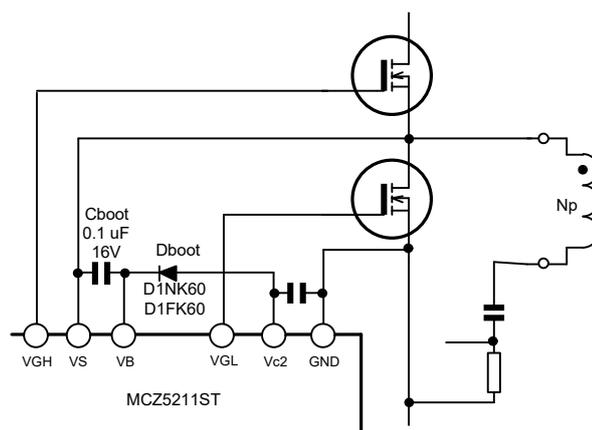


図 24 . Boot Strap ハイサイド Vcc 生成回路

表.14 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

2.3.8 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 15 をご覧ください。

表.15 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
$4.0\text{V} \leq \text{ASTBY} \leq 5.2\text{V}$	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。

2.3.8.1 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 25 をご覧ください。

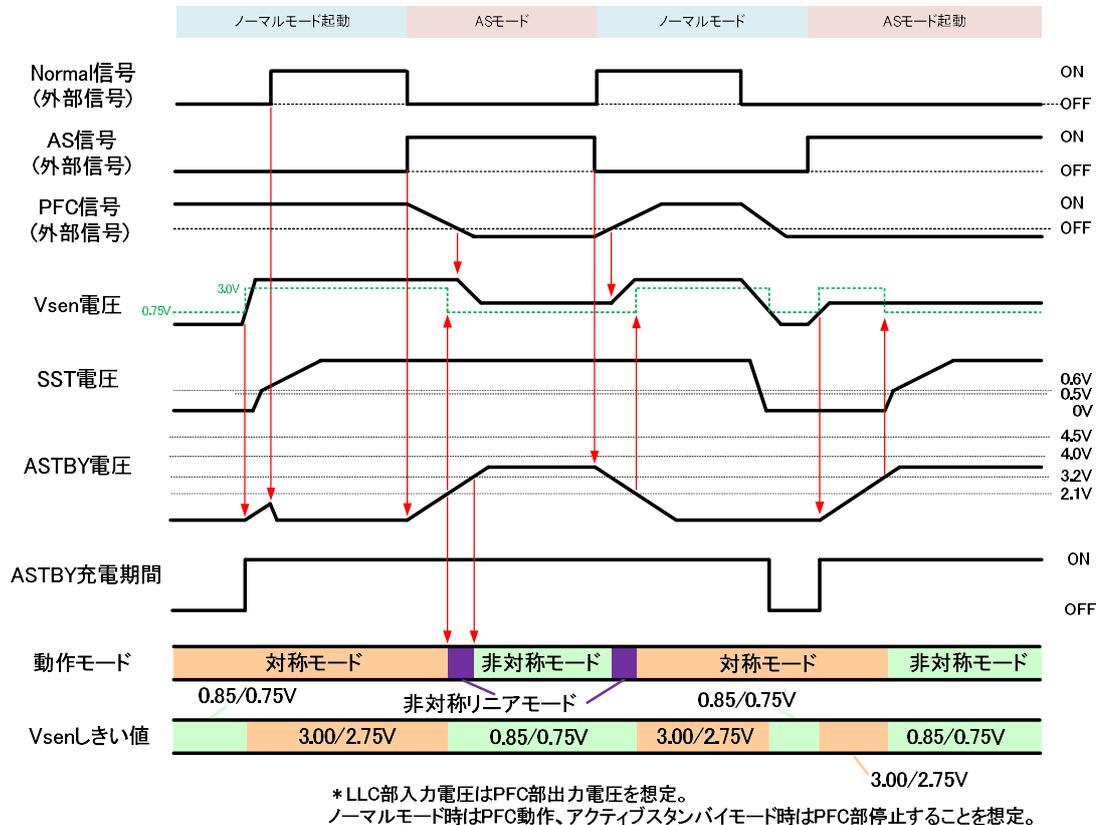


図 25 . アクティブスタンバイモードシーケンス

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 **Vas(linoff) 2.2V** 以上になると図 26 に示すようにローサイド側 MOSFET の FB 充電開始電圧 **Vfb(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 **Vfb(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 **Vas(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。

アクティブスタンバイモード中に ASTBY 端子電圧を 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。

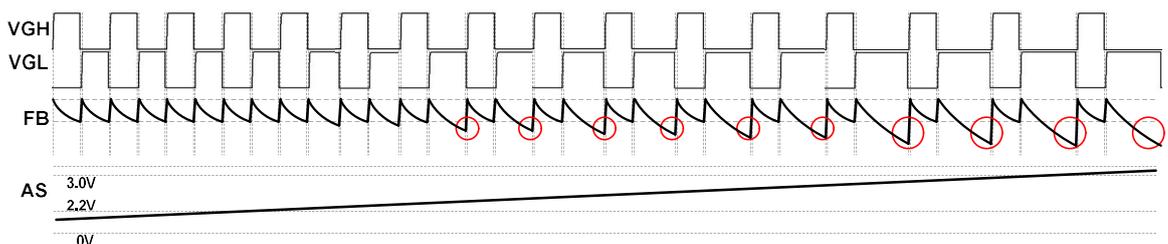


図 26 AS リニア動作時ゲート波形

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、MCZ5211STには ASTBY 電圧と Vsen 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。

Vsen 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 27 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 28 に示します。

図 27 にあるように FB 放電電流は Vsen 端子電圧により変化し、Vsen=3V 時は 0 μ A、Vsen=5V 時に 400 μ A となります。また、図 28 にあるように ASTBY 電圧が 2.2V から 3.0V 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 0 μ A となります。ASTBY 電圧が 3V 以上になると FB 放電電流は一定値となり、その値は Vsen 電圧に応じて変わります。

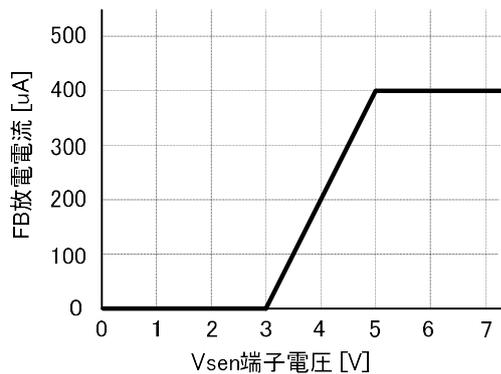


図 27 . Vsen 電圧と FB 放電電流の関係(模式図)

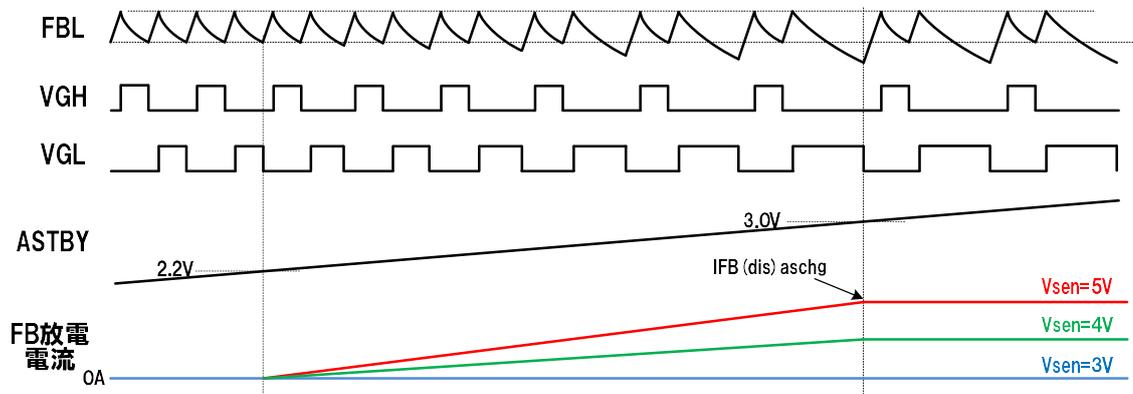


図 28 . ASTBY 切り替え時の動作シーケンス

2.3.8.2 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 29 に示します。図 29(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 29(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 Vcc 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 31 をご覧ください。また、アクティブスタンバイおよびバーストモード時の動作シーケンスを図 32 に示します。

バーストモードではソフトスタート時の SST 充電電流が Isst(chg)3 -90 μ 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。

なお、ノーマルモード・アクティブスタンバイモードにおいて SSD 端子は SSD 端子充電電流 1 Isst(chg)1 -100 μ A で充電しています。バーストモードになると SSD 端子の充電が停止します。そのため、図 30 の構成にすると、ノーマル・アクティブスタンバイモードでは C154 で決まるコンデンサ容量、バーストモードでは C153、C154 の直列で決まるコンデンサ容量となります。

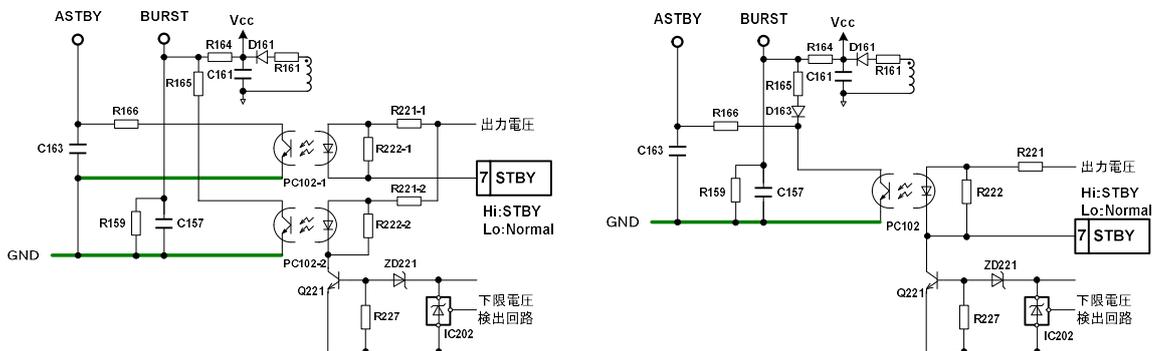


図 29 . Burst 端子接続例 (a)カプラ 2 個構成時、(b)カプラ 1 個構成時

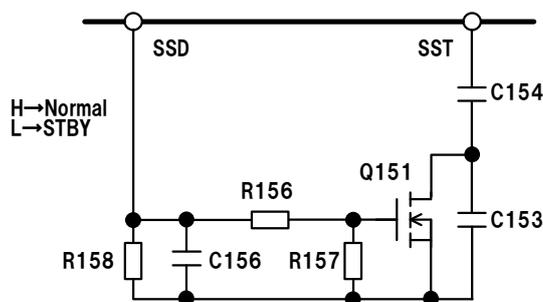


図 30 . バースト時切り替え構成例

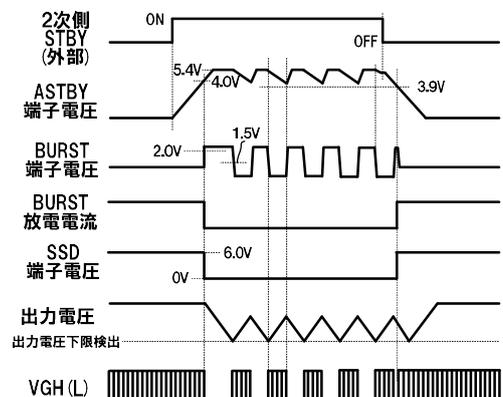
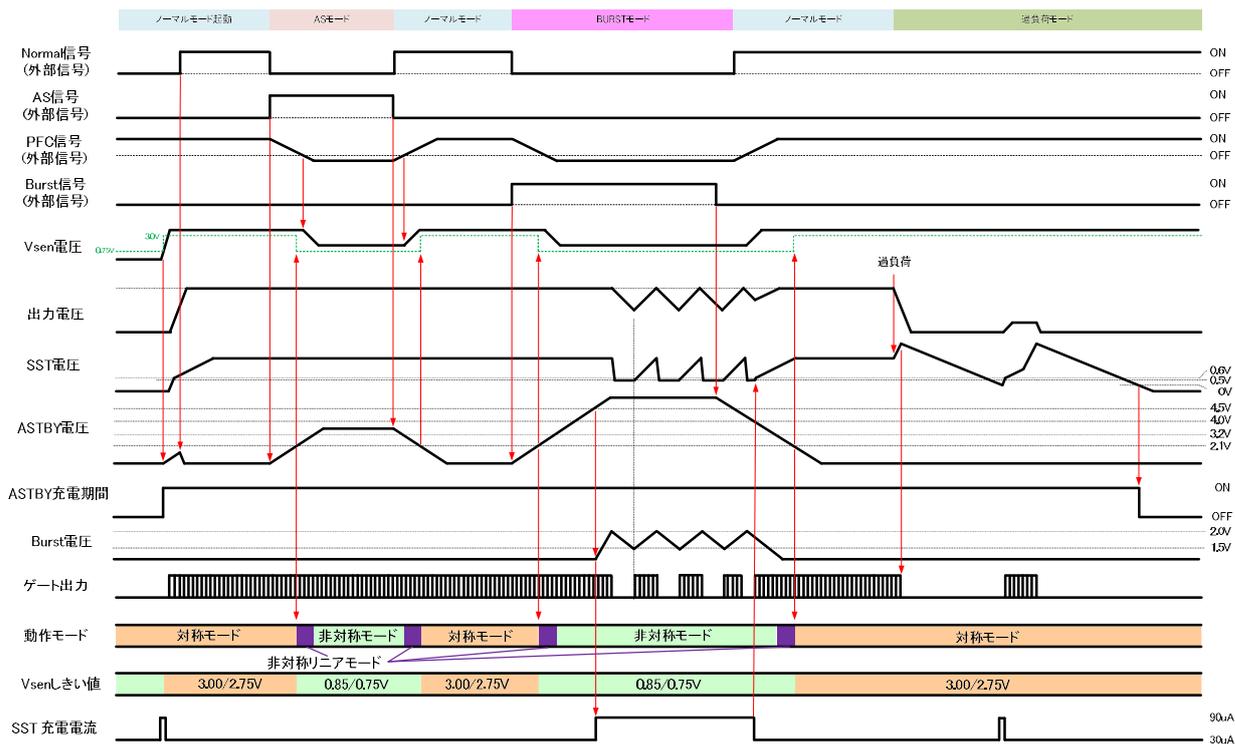


図 31 . Burst 動作シーケンス



*LLC部入力電圧はPFC部出力電圧を想定。ノーマルモード時はPFC動作、アクティブスタンバイ・バーストモード時はPFC部停止することを想定。

図 32 . アクティブスタンバイ・バーストモードシーケンス

表.16 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)	Vin=Vc1=16V、Vsen=1V	5.4 V
ASTBY 端子充電電流	Iastby(chg)	Vin=Vc1=16V、Vsen=1V、ASTBY=0V	-25 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 端子出力停止電圧	Vbst(H)		2.0 V
BURST 端子出力起動電圧	Vbst(L)		1.5 V
BURST 端子放電電流 1	Ibst(dis)1	ASTBY<Vastby(bston/off)	400 uA
BURST 端子放電電流 2(バーストモード)	Ibst(dis)2	ASTBY>Vastby(bston/off)	0 uA
FB 放電電流 1	Ifb(dis)1	Vsen=6V、ASTBY=6V	400 uA
FB 放電電流 2	Ifb(dis)2	Vsen=6V、ASTBY=2V	0 uA

2.3.9 過熱保護機能 (TSD 機能)

MCZ5211ST 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.17 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

2.3.10 Vc1 過電圧保護機能 (Vc1 OVP 機能)

MCZ5211ST 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.18 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

2.4 参考

2.4.1 低入力電圧から動作させたい場合

MCZ5211ST は Vsen 端子電圧が Vsen1(SS-reset) 3.00V 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 Vsen 端子に 3.00V 以上の電圧を印加して下さい。但し、約 12V を超えると内部クランプ素子が導通しますので Vsen 端子流入電流は 2mA 程度に制限して下さい。

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 Vsen 解除はあくまで電源評価時の検討用として行って下さい。

2.4.2 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。

MCZ5211ST 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。

2.4.3 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 入力監視電圧部 (Vsen 端子)

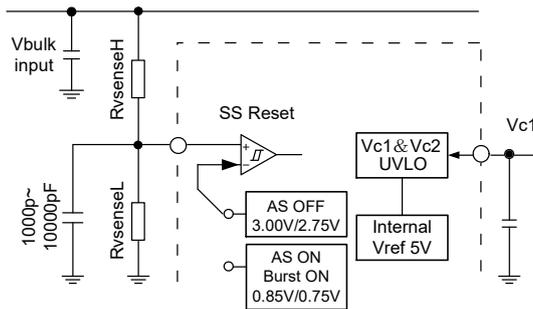
Vsen 端子しきい値は、**3.00V/2.75V** (ノーマルモード)
0.85V/0.75V (アクティブスタンバイモード、バーストモード)です。

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 **2MΩ** 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(1)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(2)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(3)に実定数を代入して所望の Vbulkreset(AS ON)をご確認下さい。



$$R_{V_{senseL}(init)} = \frac{2.75 \times R_{V_{senseH}}}{V_{bulkreset} - 2.75} \quad [\Omega] \quad \dots (1)$$

$$V_{bulkreset} = \frac{R_{V_{senseH}} + R_{V_{senseL}}}{R_{V_{senseL}}} \times 2.75 \quad [V] \quad \dots (2)$$

$$V_{bulkreset(ASON)} = \frac{R_{V_{senseH}} + R_{V_{senseL}}}{R_{V_{senseL}}} \times 0.75 \quad [V] \quad \dots (3)$$

図 33. Vsen 端子内部構造

3.2 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。

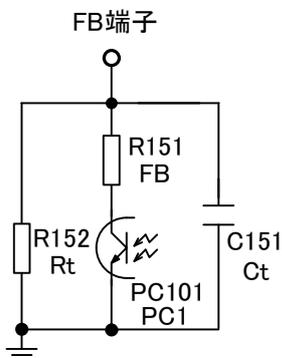


図 34. FB 端子接続図

FB 端子は Ct コンデンサのほかに図 34 に示すような 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初期発振周波数を決定します。詳細は 3.2.1 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 3.2.2 および 3.2.3 をご覧ください。

3.2.1 デッドタイムおよび初期発振周波数 fss の調整 (Ct 用コンデンサの調整)

デッドタイムおよび初期発振周波数 fss は、Ct コンデンサ容量により図 35 および図 36 に示す特性図のように変化します。

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、弊社 P15F50HP2 をご使用の場合、Ct コンデンサ容量は 1500pF、定常動作時周波数 300kHz、弊社 F16F60CPM をご使用の場合、Ct コンデンサ容量は 820pF が目安となります。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御調整ください。

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。

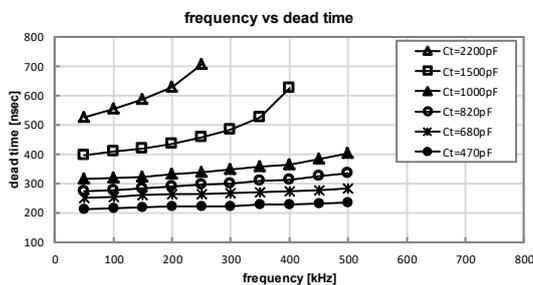


図 35. デッドタイムの関係

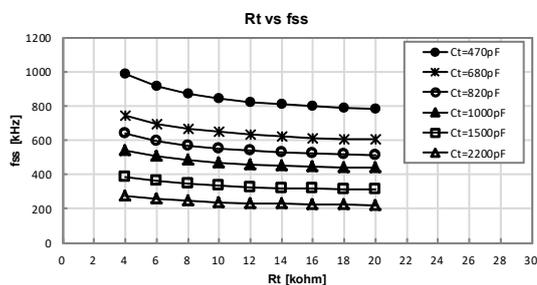


図 36. fss の関係

3.2.2 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 抵抗値を算出後、fmin を式(4)-(6)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。

まずは概算値で定数決定後、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 を低くし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 端子電圧が FB マスク電圧以上の状態で OCP もしくは di/dt 検出ポイントに到達してしまい OCP や di/dt がマスクされて検出しなくなる可能性があります。fmin を設定した際は負荷短絡時等で OCP や di/dt が検出しているかご確認をお願いいたします。

$$t_{\text{charge}} = \frac{Rt \times Ct \times VFB_{(\text{top})}}{Rt \times 9.0 \times 10^{-3} - VFB_{(\text{top})}} - \frac{Rt \times Ct \times VFB_{(\text{bottom})}}{Rt \times 9.0 \times 10^{-3} - VFB_{(\text{bottom})}} \quad [\text{sec}] \cdots (4)$$

$$t_{\text{discharge}} = -Rt \times Ct \times \ln \frac{VFB_{(\text{bottom})}}{VFB_{(\text{top})}} \quad [\text{sec}] \cdots (5)$$

$$f_{\text{min}} = \frac{1}{2 \times (t_{\text{charge}} + t_{\text{discharge}})} \quad [\text{Hz}] \cdots (6)$$

3.2.3 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、FB 端子の抵抗値は 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 抵抗には 10kΩ が接続されます。また、最高発振周波数は合成抵抗値が 5kΩ となるため、Rt 抵抗を 10kΩ とした場合、FB 抵抗としては 10kΩ 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。

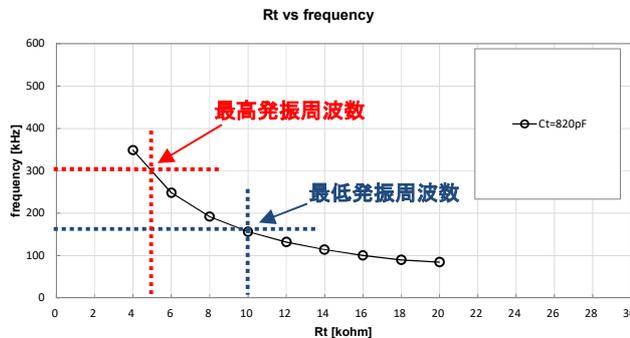


図 37. 最高・最低発振周波数設定例

3.3 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 **30uA** 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設計します。

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(7)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。

$$t_{ss} = \frac{0.9 \times C_{ss}}{30 \times 10^{-6}} \quad [\text{sec}] \quad \dots(7)$$

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 **40uA** となります。

SST 電圧が 2.1V で安定後、OCP 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(8)のように求まります。

$$t_{timer} = \frac{1.4 \times C_{ss}}{40 \times 10^{-6}} \quad [\text{sec}] \quad \dots(8)$$

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 $\leq 2.0V$ の時の Timer 充電電流 $I_{timer(chg)2}$ は **1.7uA** となります。 $SST=3.5V$ まで達する時間 T_{timer} は、式(9)のように求まります。

$$t_{timer} = \frac{1.4 \times C_{ss}}{1.7 \times 10^{-6}} \quad [\text{sec}] \quad \dots(9)$$

CSO $> 2.0V$ の時の Timer 充電電流 $I_{timer(chg)3}$ は **40uA** となり、 $SST=3.5V$ まで達する時間 T_{timer} は、式(8)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、**6.5uA** となります。

なお、間欠動作時発振停止期間は、SST 電圧が $V_{timer(reset)}$ **0.40V** 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(10)のように求まります。

$$t_{timer(停止)} = \frac{3.1 \times C_{ss}}{6.5 \times 10^{-6}} \quad [\text{sec}] \quad \dots(10)$$

3.4 過電流保護(OCP、di/dt)ポイントの調整 (CS 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 10~47 Ω 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 $\pm 0.550V$ 、OCP2 が $\pm 0.350V$ となりますので OCP2 の方が先に働きます。(SSD=5V 時)

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(11)を満たす定数にする必要があります。式(12)より R143 および R144 を求めます。なお、R143 は 10 Ω ~47 Ω 程度として R144 の定数を求めます。なお、2.3.5 に記載の OCP2 の入力電圧補正機能を使用した場合、OCP2 検出しきい値は最大で 0.26V まで下がりますので、式(11)~(13)の 0.35 を置き換えてご計算ください。

最後に式(13)に実定数を入力して、所望の I_{pk} 値になるか確認します。

$$R141 > \frac{0.35}{I_{pk}} \quad [\Omega] \quad \dots \quad (11)$$

$$R144 = \frac{0.35 \times R143}{I_{pk} \times R141 - 0.35} \quad [\Omega] \quad \dots \quad (12)$$

$$I_d = \frac{R143 + R144}{R144 \times R141} \times 0.35 \quad [A] \quad \dots \quad (13)$$

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 5 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 100k 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。

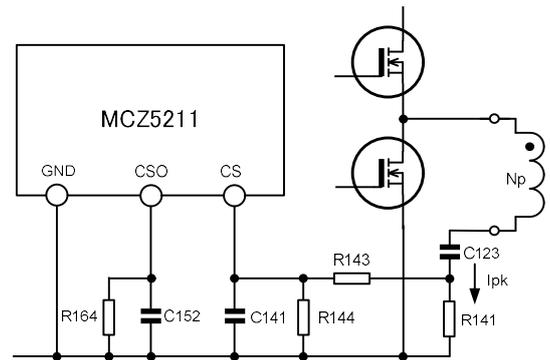


図 38. 過電流検出回路

3.5 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 39 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。

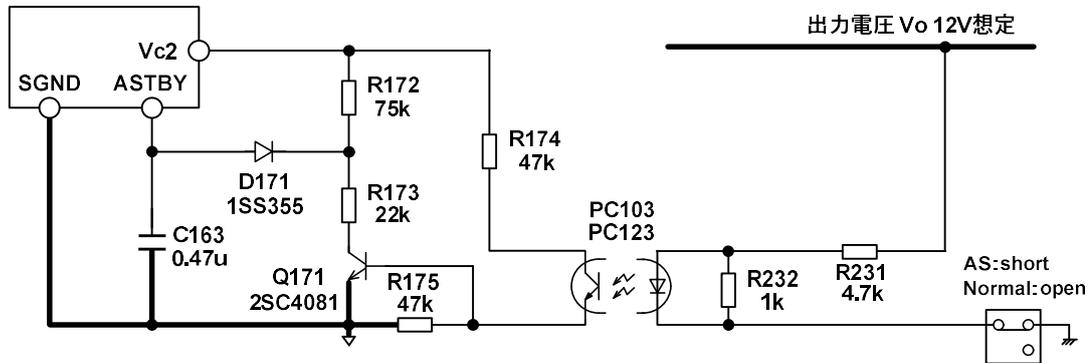


図 39.アクティブスタンバイ回路例

図 39 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する回路例です。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ので、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。

3.6 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 40 および図 41 に示します。図 40 および図 41 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 : 47kΩ、R224 : 22kΩ 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 15kΩ 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 3.5 項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 40 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 47kΩ の場合、ASTBY 充電電流は 25uA 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 41 の回路構成にしてください。

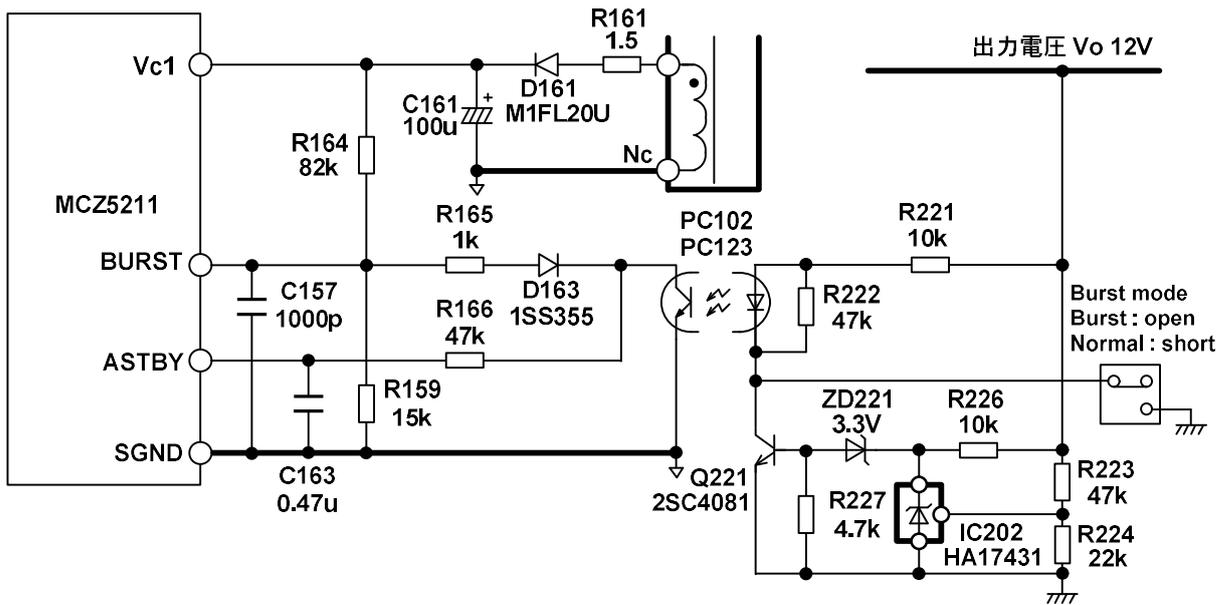


図 40.アクティブスタンバイ回路例(カプラ 1 個の場合)

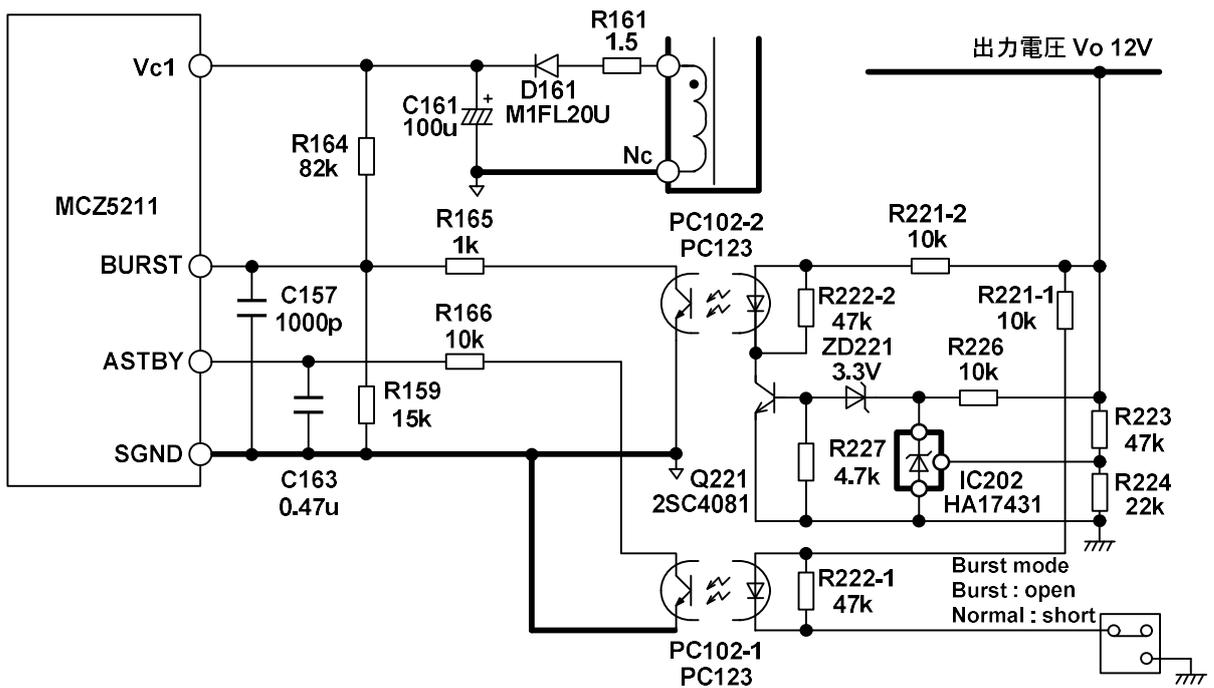


図 41.アクティブスタンバイ回路例(カプラ 2 個の場合)

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。MCZ5211ST 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。

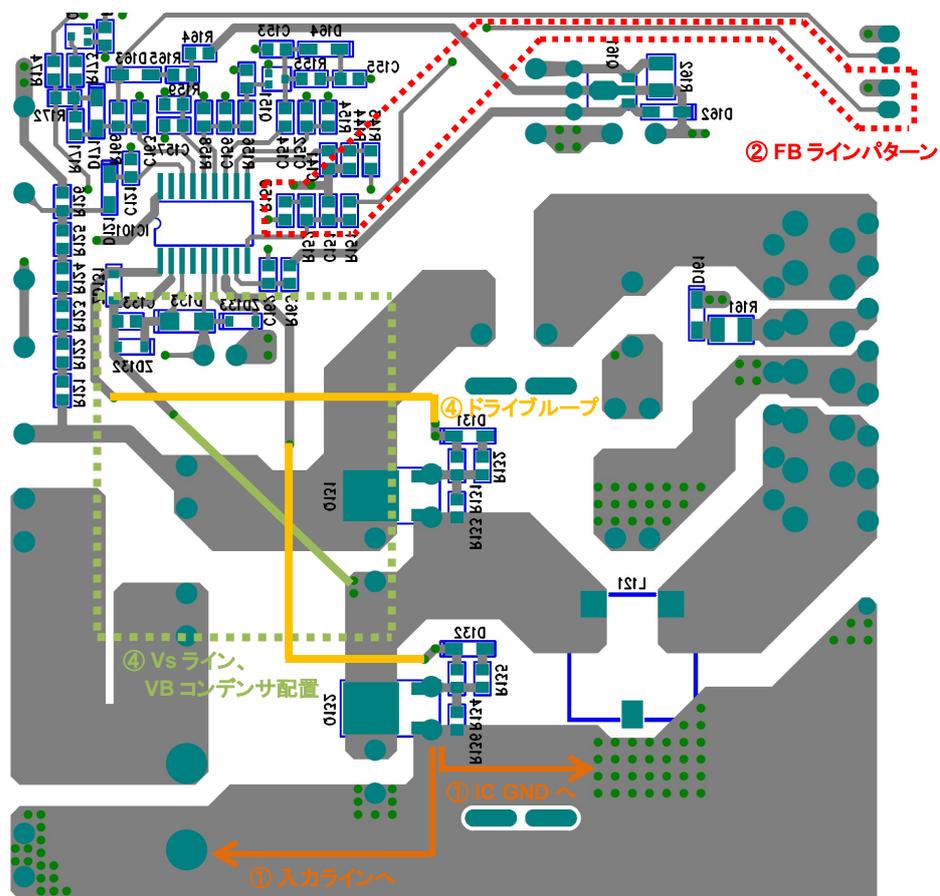
CS 端子は過電流検出する端子であり、検出抵抗から CS 端子間のパターンと上記高圧スイッチングラインのパターンが近いと CS 端子電圧が振られて誤動作する可能性があります。FB 端子同様に高圧ラインや共振コンデンサ、トランスからはなるべく離してパターン配置してください。

③ ゲート出カラインの配線

ゲート充放電電流は、鋭いスパイク上であり、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

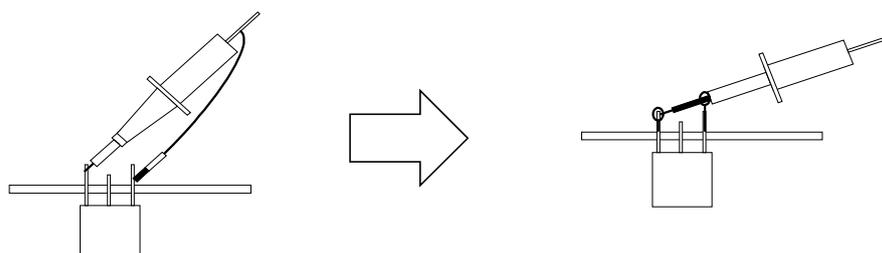
引き出し線材の寄生インピーダンスの影響を抑えるためにも 500V 以上の耐電圧がある線材を使用し極力短い配線で接続して下さい。また、DCプローブを使用して下さい。

(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。

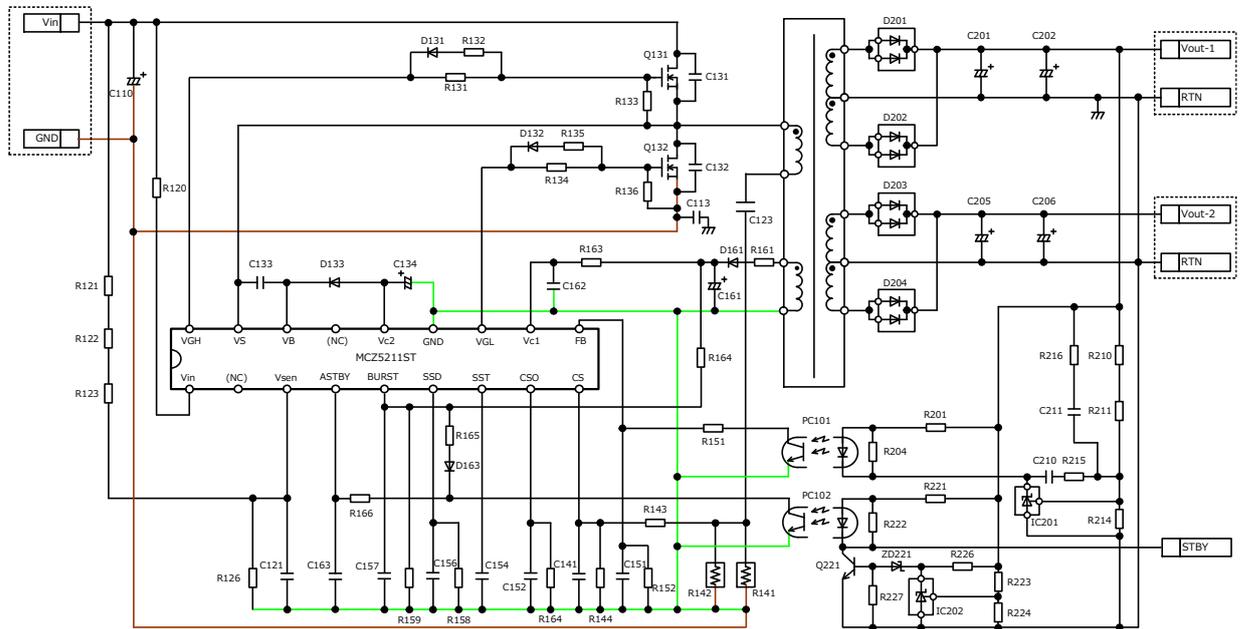
(c) 低電位側測定時

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。



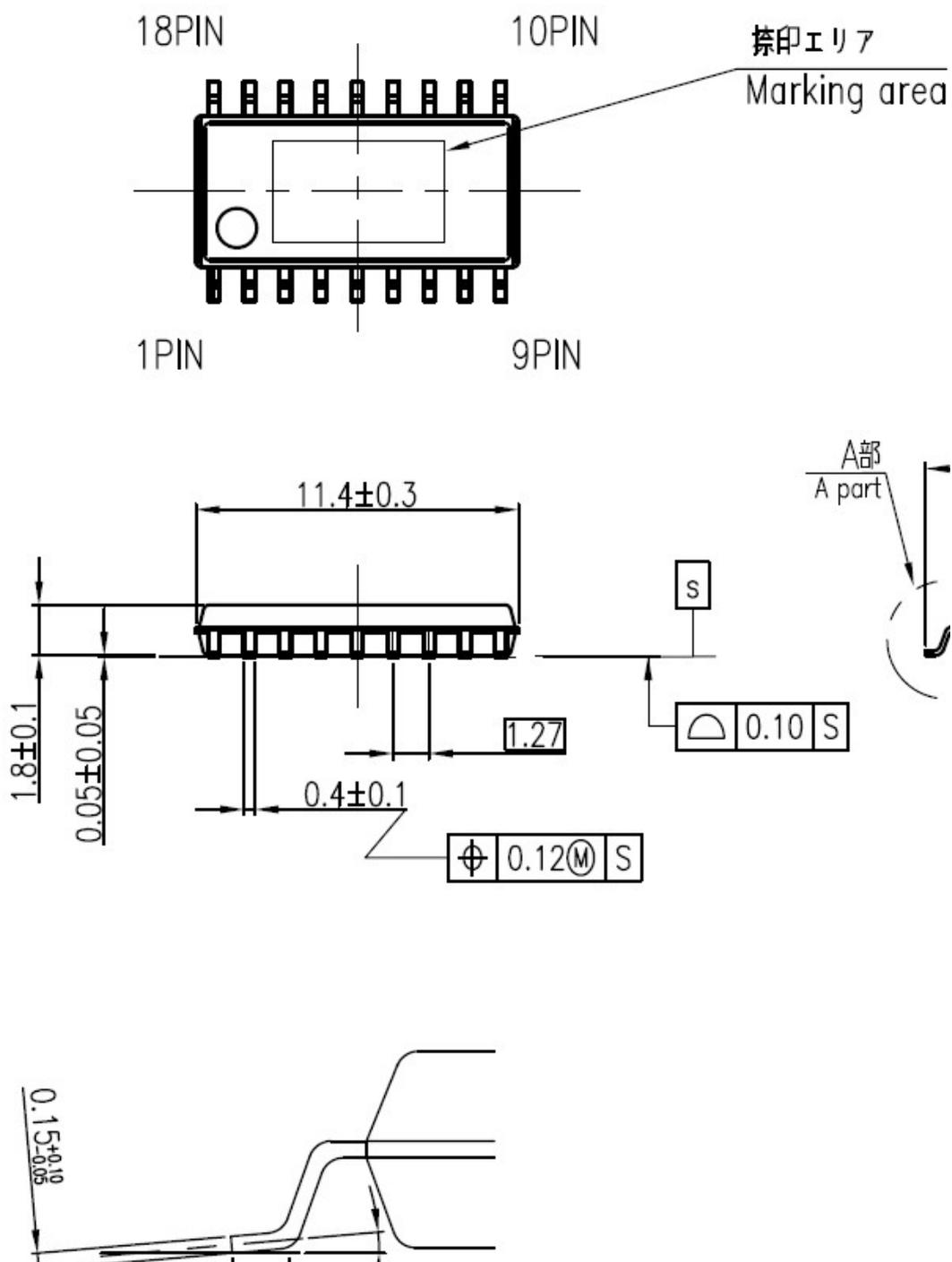
5 回路例

5.1 代表回路图



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 (MCZ5211ST)



Notes: