

# LM5021

*LM5021 AC-DC Current Mode PWM Controller*



Literature Number: JAJ SAC6

## LM5021

### AC-DC 電流モード PWM コンバータ

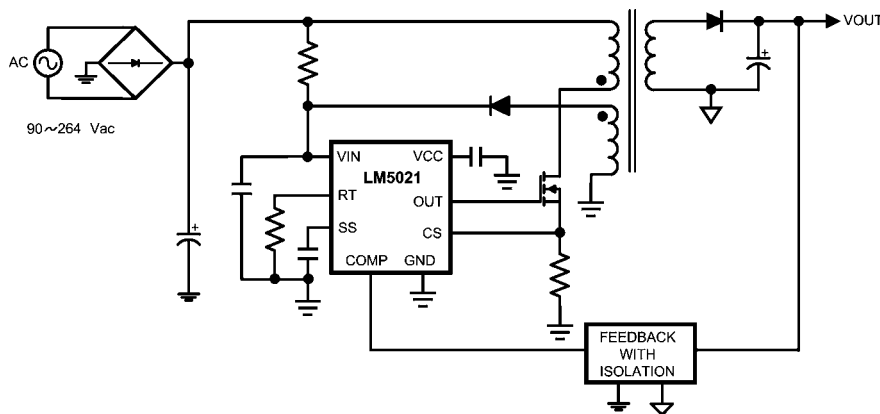
#### 概要


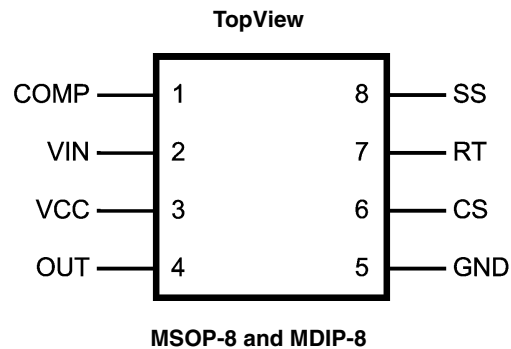
LM5021 は、高効率オフライン・シングルエンド・フライバック型とフォワード型の電源コンバータの実装に必要なすべての機能を電流モード制御を使用して搭載した、オフライン・パルス幅変調 (PWM) コントローラです。LM5021 はスタートアップ時の消費電流がきわめて低いこと (25  $\mu$ A) を特徴の 1 つとしており、高耐圧スタートアップ・ネットワーク中の電力損失を最小限に抑えます。スキップ・サイクル・モードは、省電力アプリケーション (米国 ENERGY STAR<sup>®</sup>、中国 CECP など) で負荷が軽い場合に消費電力を削減します。このほか、アンダーボルテージ・ロックアウト、サイクルごとの電流制限、Hiccup モード (Hiccup とはしゃっくりの意味で一時的な中断を表す) 過負荷保護、スローブ補償、ソフトスタート、発振回路の外部同期機能を備えています。8 ピン・パッケージに収められた高性能な LM5021 は、制御ピンの伝搬遅延は 100ns 未満と高速で、また単一の外付け抵抗で周波数を設定可能な最大 1MHz に対応した発振回路を内蔵しています。

#### 特長

- きわめて小さなスタートアップ時電流 (最大 25  $\mu$ A)
- 電流モード制御
- スタンバイ電力を抑えるスキップ・サイクル・モード
- 単一の外付け抵抗で周波数設定可能な発振回路
- 発振回路は外部同期可能
- 起動時間の設定が可能なソフトスタート
- ピーク 0.7A のゲート・ドライバ内蔵
- オプトカプラとの直接インタフェース
- 最大デューティ・サイクル制限 (LM5021-1 では 80%、LM5021-2 では 50%)
- スローブ補償 (LM5021-1 のみ)
- ヒステリシス付きアンダーボルテージ・ロックアウト (UVLO)
- サイクルごとの過電流保護
- 連続過負荷保護を実現する Hiccup モード
- 電流センス信号の前縁ブランキング
- パッケージ : MSOP-8 または MDIP-8

#### アプリケーションの簡略ブロック図



 配置図


## 製品情報

Order Number	Description	Package Type	Supplied As
LM5021MM-1	80% Duty Cycle Limit	MSOP-8	1000 Units on Tape and Reel
LM5021MMX-1	80% Duty Cycle Limit	MSOP-8	3500 Units on Tape and Reel
LM5021NA-1	80% Duty Cycle Limit	MDIP-8	40 Units per Rail
LM5021MM-2	50% Duty Cycle Limit	MSOP-8	1000 Units on Tape and Reel
LM5021MMX-2	50% Duty Cycle Limit	MSOP-8	3500 Units on Tape and Reel
LM5021NA-2	50% Duty Cycle Limit	MDIP-8	40 Units per Rail

## 端子説明

端子番号	端子名	説明	アプリケーション情報
1	COMP	パルス幅変調器と Hiccup コンパレータの制御入力	COMP は 5k の内蔵抵抗でプルアップされており、オプトカップラ・トランジスタのバイアスが可能です。
2	VIN	入力電圧	スタートアップ・レギュレータへの入力です。VIN ピンは内蔵ツェナー・ダイオードによって 36V でクランプされています。
3	VCC	リニア・バイアス供給レギュレータ出力。公称 8.5V です。	VCC は LM5021 のコントローラとゲート・ドライブ・セクションにバイアスを与えます。外付けコンデンサは、このピンとグラウンド間に接続されなければなりません。
4	OUT	MOSFET ゲート・ドライバ出力	外付け MOSFET ゲートに接続する大電流出力で、ソース電流とシンク電流はそれぞれ 0.3A と 0.7A です。
5	GND	グラウンド・リターン	
6	CS	電流センス入力	電流モード制御と過電流保護用の電流センス入力です。電流制限は専用の電流センス・コンパレータによって実現しています。CS コンパレータ入力が 0.5V を超えると OUT ピンは Low にスイッチし、サイクルごとの電流制限が行われます。電流スパイクの前縁を隠すために、CS は OUT が High に切り替わった後 90ns にわたって内部で Low に維持されます。
7	RT / SYNC	発振回路タイミング抵抗接続および同期クロック入力	RT と GND 間に接続する外付け抵抗で発振周波数が決まります。またこのピンは、外部クロック源が出力する同期パルスの入力としても使用します。
8	SS	ソフトスタート/Hiccup 時間	外付けコンデンサと内蔵 22μA 電流源によってソフトスタートの上昇が決まります。ソフトスタート・コンデンサはソフトスタート上昇率と Hiccup モード期間の両方を決定します。

## 絶対最大定格 (Note 1)

本データシートには軍用・航空宇宙用の規格は記載されていません。  
関連する電気的信頼性試験方法の規格を参照ください。

VIN ~ GND	- 0.3V ~ 30V
VIN クランプ連続電流	5mA
CS ~ GND	- 0.3V ~ 1.25V
RT ~ GND	- 0.3V ~ 5.5V
その他のピンの GND 基準電圧	- 0.3V ~ 7.0V

## ESD 耐圧 (Note 2)

人体モデル	2kV
保存温度	- 65 ~ + 150
動作接合部温度	+150

## 動作定格 (Note 1)

VIN 電圧 (Note 5)	8V ~ 30V
接合部温度	- 40 ~ + 125

## 電気的特性 (Note 3)

標準文字で表記される規格値は、 $T_J = + 25$  に対するもので、太字は全動作温度範囲に適用されます。特記のない限り、 $V_{IN} = 15V$ 、 $R_T = 44.2K$ 。

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Unit
<b>STARTUP CIRCUIT</b>						
	Start Up Current	Before VCC Enable		18	<b>25</b>	$\mu A$
	VCC Regulator enable threshold		<b>17</b>	20	<b>23</b>	V
	VCC Regulator disable threshold			7.25		V
	VIN ESD Clamp voltage	$I = 5mA$	<b>30</b>	36	<b>40</b>	V
$I_{VIN}$	Operating supply current	COMP = 0VDC		2.5	<b>3.75</b>	mA
<b>VCC SUPPLY</b>						
	Controller enable threshold		<b>6.5</b>	7	<b>7.5</b>	V
	Controller disable threshold		<b>5.3</b>	5.8	<b>6.3</b>	V
	VCC regulated output	No External Load	<b>8</b>	8.5	<b>9</b>	V
	VCC dropout voltage (VIN - VCC)	$I = 5 mA$		1.7		V
	VCC regulator current limit	VCC = 7.5V (Note 4)	<b>15</b>	22		mA
<b>SKIP CYCLE MODE COMPARATOR</b>						
	Skip Cycle mode enable threshold	$\frac{1}{3}$ [COMP - 1.25V]	<b>75</b>	125	<b>175</b>	mV
	Skip Cycle mode hysteresis			5		mV
<b>CURRENT LIMIT</b>						
	CS limit to OUT delay	CS stepped from 0 to 0.6V, time to OUT transition low, $C_{load} = 0$ .		35		ns
	CS limit threshold		<b>0.45</b>	0.5	<b>0.55</b>	V
	Leading Edge Blanking time			90		ns
	CS blanking sinking impedance			35	<b>55</b>	$\Omega$
<b>SOFT-START</b>						
$V_{SS-ocv}$	SS pin open-circuit voltage		<b>4.3</b>	5.2	<b>6.1</b>	V
	Soft-start Current Source		<b>15</b>	22	<b>30</b>	$\mu A$
	Soft-start to COMP Offset		<b>0.35</b>	0.55	<b>0.75</b>	V
	COMP sinking impedance	During SS ramp		60		$\Omega$
<b>OSCILLATOR</b>						
	Frequency1 (RT = 44.2K)		<b>135</b>	150	<b>165</b>	kHz
	Frequency2 (RT = 13.3K)		<b>440</b>	500	<b>560</b>	kHz
	Sync threshold		<b>2.4</b>	3.2	<b>3.8</b>	V

## 電氣的特性 (Note 3)( つづき)

標準文字で表記される規格値は、 $T_J = +25$  に対するもので、太字は全動作温度範囲に適用されます。特記のない限り、 $V_{IN} = 15V$ 、 $R_T = 44.2K$ 。

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Unit
<b>PWM COMPARATOR</b>						
	COMP to OUT delay	COMP set to 2V CS stepped 0 to 0.4V, time to OUT transition low, $C_{load} = 0$ .		20		ns
	Min Duty Cycle	COMP = 0V			<b>0</b>	%
	Max Duty Cycle (-1 Device)		<b>75</b>	80	<b>85</b>	%
	Max Duty Cycle (-2 Device)			50		%
	COMP to PWM comparator gain			0.33		
	COMP Open Circuit Voltage		<b>4.2</b>	5.1	<b>6</b>	V
	COMP at Max Duty Cycle			2.75		V
	COMP Short Circuit Current	COMP = 0V	<b>0.6</b>	1.1	<b>1.5</b>	mA
<b>SLOPE COMPENSATION</b>						
	Slope Comp Amplitude (LM5021-1 only)	CS pin to PWM Comparator offset at maximum duty cycle	<b>70</b>	90	<b>110</b>	mV
<b>OUTPUT SECTION</b>						
	OUT High Saturation	$I_{OUT} = 50mA$ , VCC - OUT		0.6	<b>1.1</b>	V
	OUT Low Saturation	$I_{OUT} = 100mA$		0.3	<b>1</b>	V
	Peak Source Current	OUT = VCC/2.		0.3		A
	Peak Sink Current	OUT = VCC/2.		0.7		A
	Rise time	$C_{load} = 1nF$		25		ns
	Fall time	$C_{load} = 1nF$		10		ns
<b>HICCUP MODE</b>						
$V_{OVL D}$	Over load detection threshold	COMP pin	<b><math>V_{SS-ocv} - 0.8</math></b>	$V_{SS-ocv} - 0.6$	<b><math>V_{SS-ocv} - 0.4</math></b>	V
$V_{HIC}$	Hiccup mode threshold	SS pin	<b><math>V_{SS-ocv} - 0.8</math></b>	$V_{SS-ocv} - 0.6$	<b><math>V_{SS-ocv} - 0.4</math></b>	V
$V_{RST}$	Hiccup mode Restart threshold	SS pin	<b>0.1</b>	0.3	<b>0.5</b>	V
$I_{DTCS}$	Dead-time current source		<b>0.1</b>	0.25	<b>0.4</b>	$\mu A$
$I_{OVCS}$	Overload detection timer current source		<b>6</b>	10	<b>14</b>	$\mu A$
<b>THERMAL RESISTANCE</b>						
$\theta_{JA}$	MSOP-8 Junction to Ambient	0 LFM		200		$^{\circ}C/W$
$\theta_{JA}$	MDIP-8 Junction to Ambient	0 LFM		107		$^{\circ}C/W$

**Note 1:** 「絶対最大定格」とは、デバイスに破壊が発生する可能性のあるリミット値をいいます。「動作定格」はデバイスが機能する条件を示しています。保証されている仕様および試験条件については、「電氣的特性」を参照してください。

**Note 2:** 人体モデルでは、100pFのコンデンサから1.5Kの抵抗を介して各ピンへ放電させます。

**Note 3:** MinとMaxのリミット値は25で製造時に全数検査されています。全動作温度範囲におけるリミット値は、統計的品質管理(SQC)方式によって決められた補正データを加味して保証されています。これらのリミット値は、ナショナルセミコンダクター社の平均出荷品質レベル(AOQL)の計算に使用されます。

**Note 4:** デバイスの温度上昇によって使用可能な範囲が制限される場合があります。

**Note 5:** 初回にVIN = 20Vでターンオンした後の電圧。

概略ブロック図

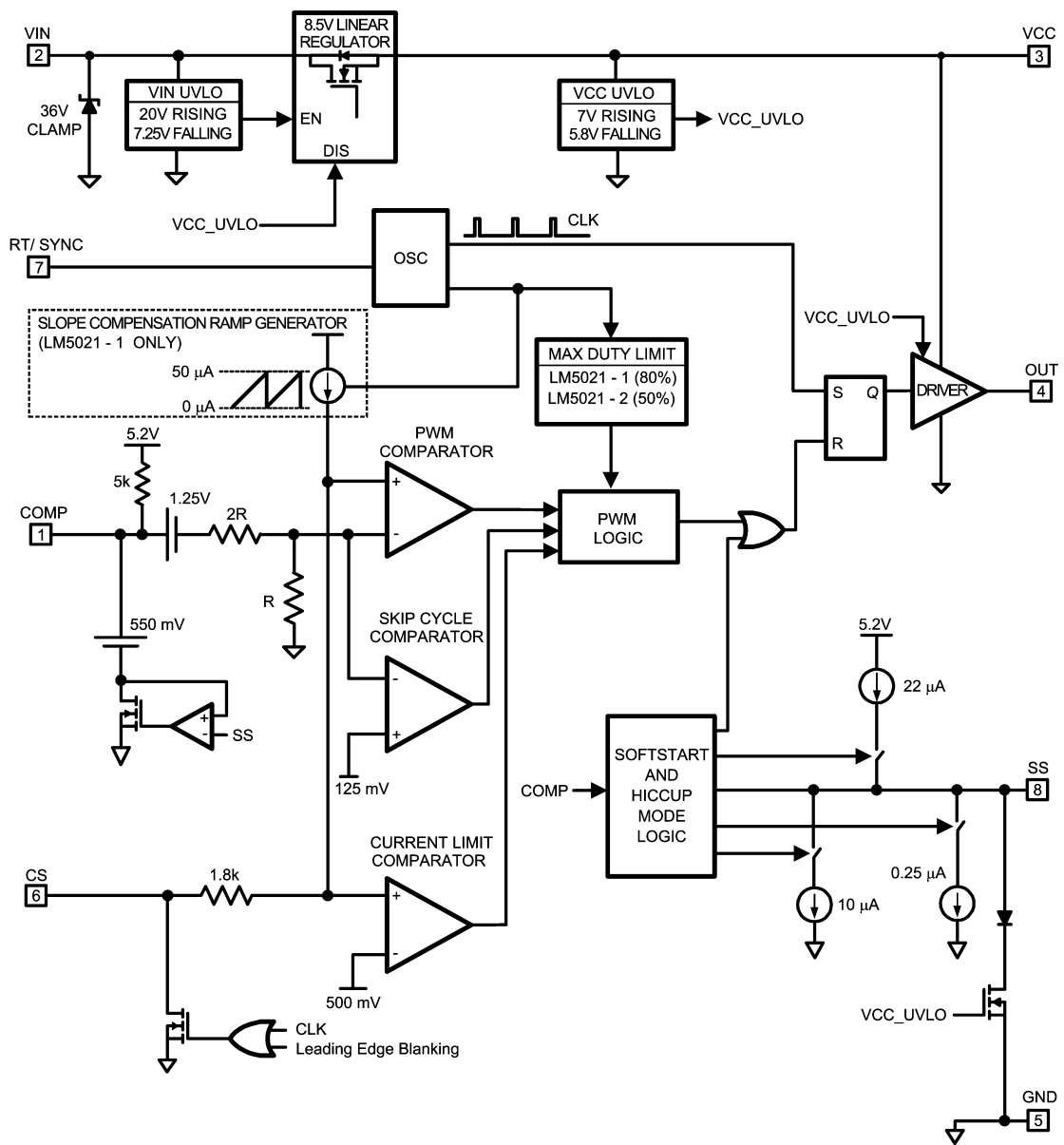
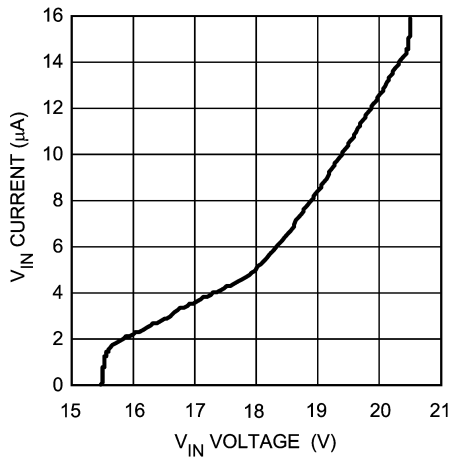


FIGURE 1.

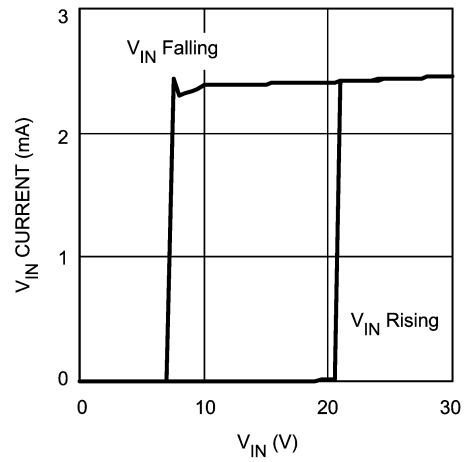
代表的な性能特性

特記のない限り、 $T_J = 25^\circ\text{C}$ 。

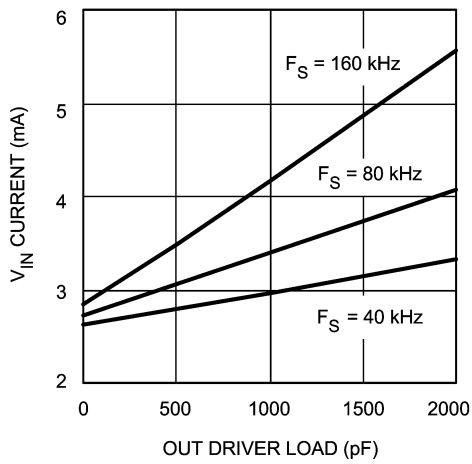
VIN Start-Up Current



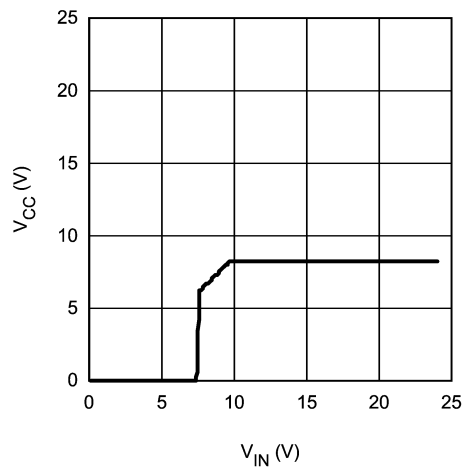
VIN UVLO



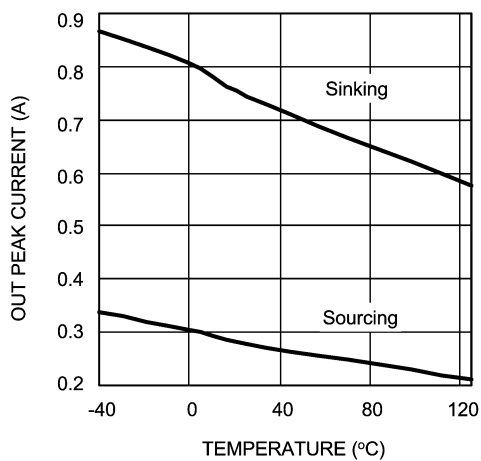
VIN Current vs OUT Load



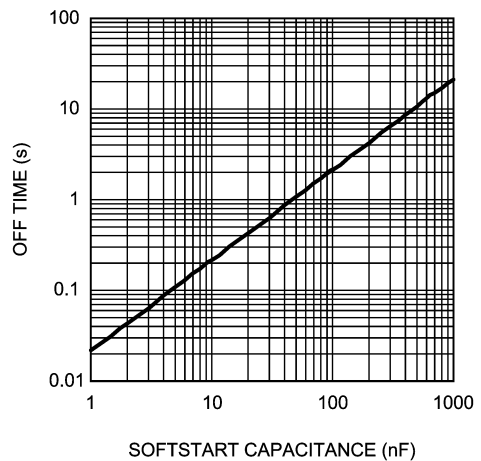
VIN Voltage Falling vs VCC Voltage



OUT Driver Current vs Temperature



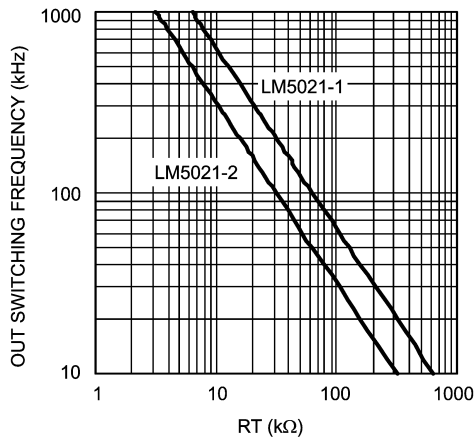
Hiccup Mode Deadtime vs Softstart Capacitance



## 代表的な性能特性 (つづき)

特記のない限り、 $T_J = 25$ 。

## Output Switching Frequency vs RT



## 動作の詳細な説明

## スタートアップ回路

Figure 2 に示すように、整流された AC 入力電圧 HV が印加されると、入力コンデンサ  $C_{VIN}$  はスタートアップ抵抗  $R_{start}$  を介してトリクル充電されます。コンデンサ  $C_{VIN}$  がスタートアップ・スレッシュホルドまで最初に充電される間、LM5021 が消費する VIN 電流はわずか  $18\mu A$  (公称) です。入力電圧 VIN が VIN UVLO の上側スレッシュホルドである 20V に達すると、内部 VCC リニアレギュレータがイネーブルになります。VIN が UVLO の下側スレッシュホルドである 7.25V (12.5 ヒステリシス) に下がるまで、VCC レギュレータはオンの状態を維持します。VCC レギュレータがオンになると、VCC ピンに接続されている外部コンデンサの充電が始まります。VCC 電圧が VCC UVLO の上側スレッシュホルドである 7V に達すると、PWM コントローラ、ソフトスタート回路、ゲートドライバがイネーブルになります。VCC UVLO の上側スレッシュホルドと下側スレッシュホルドとの間には 1.2V のヒステリシスを設けて、VCC ピン電圧の遷移中にチャタリング動作が起こらないようにしています。VCC UVLO がスイッチング電源をイネーブルにすると、エネ

ルギはトランスの一次巻き線から二次巻き線に伝達されます。Figure 2 に示されるバイアス巻き線 (図中の BIAS WINDING) は VIN ピンに電力を与えて VCC レギュレータの動作を維持します。VIN に与える電圧は、11V (VCC 最大電圧と VCC レギュレータ・ドロップアウト電圧の和) から 30V (最大動作 VIN 電圧) の範囲になければなりません。バイアス巻き線から与えられる電圧が VCC UVLO スレッシュホルド (代表値で 5.8V) を上回る電圧に VCC を維持するのに十分高い場合、スタートアップ・シーケンスは完了し通常動作が開始されます。

スタートアップ抵抗  $R_{start}$  は通常動作時に電力を消費することから、その抵抗値は電源のスタートアップ時間に加えて電源効率にも影響を与えます。LM5021 はスタートアップ電流がきわめて小さいため、大きな値の  $R_{start}$  抵抗 (最大 3M) を使用しても妥当なスタートアップ時間で高い効率が得られます。

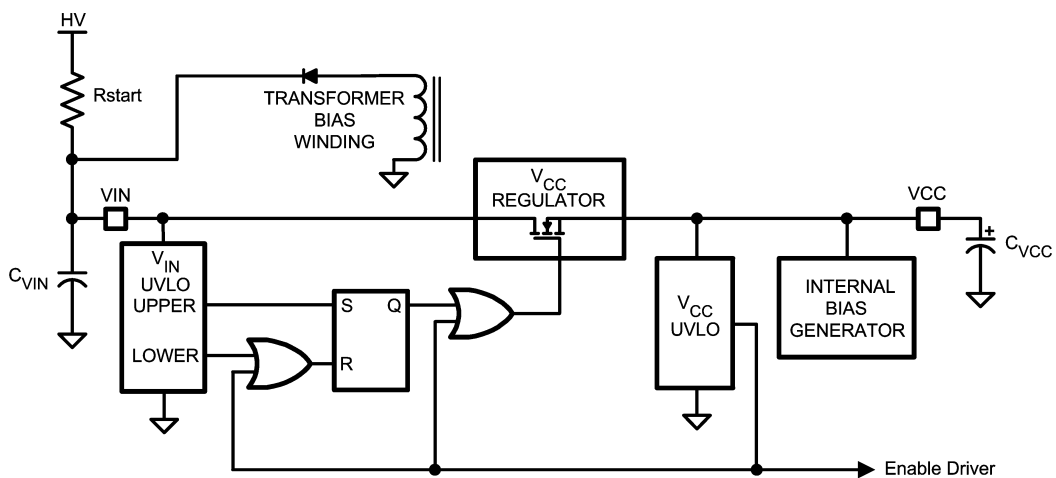


FIGURE 2 Start-Up Circuit Block Diagram



## 動作の詳細な説明 (つづき)

入力コンデンサ  $C_{VIN}$  と  $V_{CC}$  コンデンサ  $C_{VCC}$  の関係

$V_{IN}$  が 20V に達すると内蔵  $V_{CC}$  リニア・レギュレータがイネーブルになります。レギュレータがイネーブルになった後、 $C_{VIN}$  から  $C_{VCC}$  の電荷伝達によって  $V_{IN}$  に生じる電圧降下は次の式から求められます。 $V_{IN}$  は、 $V_{CC}$  レギュレータが  $C_{VCC}$  を充電した直後の  $C_{VIN}$  の電圧です。

$$V_{IN} \times C_{VIN} = DV_{CC} \times C_{VCC}$$

$$(20V - V_{IN}) C_{VIN} = 8.5V C_{VCC}$$

$$V_{IN} = 20V - \left( 8.5V \times \frac{C_{VCC}}{C_{VIN}} \right)$$

$C_{VIN}$  を 10 $\mu$ F、 $C_{VCC}$  を 1 $\mu$ F と仮定すると、 $V_{IN}$  の電圧降下は 0.85V になり  $V_{IN}$  は 19.15V に下がります。VCC コンデンサは過渡的なゲート・ドライブ電流を短時間にわたって供給するだけです。容量を小さくすることも可能です (1 $\mu$ F 未満)。 $C_{VIN}$  の容量は、トランスのバイアス巻き線が VCC 電圧の維持に十分な  $V_{IN}$  を供給するまでゲート・ドライブ電流と LM5021 の待機時電流を供給できるように選択しなければなりません。

$C_{VIN}$  の容量値は、VCC 出力電圧が VCC UVLO スレッシュホールドに到達したあとの動作 VCC 負荷電流から計算できます。たとえば LM5021 が総ゲート電荷 (Qg) 25nC の外付け MOSFET を駆動している場合、平均ゲート電流は  $F_{sw}$  をスイッチング周波数としたときに  $Q_g \times F_{sw}$  になります。スイッチング周波数が 150kHz の場合、平均ゲート・ドライブ電流は 3.75mA です。本デバイスはゲート電流のほかにおよそ 2.5mA の動作電流を消費するため、 $C_{VIN}$  コンデンサから引き込む総電流は動作電流にゲート充電電流を加えた値となり、6.25mA です。トランスのバイアス巻き線が役割を引き継ぐまでの短い間、 $C_{VIN}$  コンデンサはこの電流を供給できなければなりません。スタートアップ・シーケンス中は  $C_{VIN}$  電圧は 8.5V を下回ってはならず、万が一下がった場合はサイクルが再スタートします。許容可能な最長スタートアップ時間は、 $C_{VIN}$  の容量、 $V_{IN}$  で許容される電圧変化 (19.15V - 8.5V)、VCC レギュレータ電流 (6.25mA) から求められます。バイアス巻き線にエネルギーを与える最長許容時間  $T_{max}$  は、

$$T_{max} = \frac{C_{VIN} \times (19.15V - 8.5V)}{6.25 \text{ mA}} = 17 \text{ ms}$$

$T_{max}$  の計算値が小さすぎる場合、 $C_{in}$  の容量を大きくして、バイアス巻き線が役割を引き継いで VCC レギュレータに動作電流を与え始めるまでの時間を長くしてください。 $C_{VIN}$  の容量を大きくすると、整流された AC (Figure 2 での HV) を印加してから  $V_{IN}$  が 20V スタート・スレッシュホールドに達するまでの時間が長くなります。 $C_{VIN}$  の初回充電時間は次のとおりです。

$$T_{VIN\_THRESHOLD} = R_{START} \times C_{VIN} \times \ln \left[ \left( 1 - \frac{20V}{HV} \right)^{-1} \right]$$

## PWM コンパレータ / スロープ補償

PWM コンパレータは電流センス信号を COMP ピンのループ誤差電圧と比較します。COMP ピン電圧から 1.25V を減じ、さらに電圧を 1/3 にする抵抗分圧回路で減衰させてから比較します。COMP ピンが 1.25V 未満のとき、コントローラ出力がゼロ・デューティ・サイクルになるように、PWM のコンパレータ入力オフセット電圧を設定しています。

デューティ・サイクルが 50%を超えると電流モード制御回路が低調波発振する可能性が出てきます。一定の傾きを持った電圧ランプ信号 (スロープ補償) を電流センス信号に追加することで発振を防止します。LM5021-1 では発振回路から生成されるランプ信号を電流センス信号に加算しています。スロープ補償は電流ランプ・ジェネレータで生成され、CS ピンに接続されている内蔵 1.8k 抵抗を介して駆動されます。電流センス・フィルタ・コンデンサと CS ピン間の抵抗値を増やすと、発振回路の電流ランプ・ジェネレータが生成する電圧傾きが大きくなり、スロープ補償が増加します。50%以上のデューティ・サイクルには対応していない LM5021-2 には、スロープ補償機能は内蔵されていません。

## 電流制限 / 電流センス

LM5021 はサイクルごとの過電流保護機能を備えています。電流制限は、スレッシュホールドが 500mV に設定された内部電流センス・コンパレータによってトリガされます。CS ピン電圧とスロープ補償電圧の和が 500mV を超えると、OUT ピンの出力パルスは即座にオフになります。

パワー-FET のゲートからソースに結合するノイズを減衰させるために、CS ピンの近くに RC フィルタを配置することを推奨します。CS ピンに接続されたコンデンサは、各 PWM クロック・サイクルの終わりで、内部スイッチによって放電されます。放電スイッチはさらに前縁ブランキング期間の 90ns にわたってオン状態を続け、外部パワー FET がターンオンしたときに発生する電流センスの過渡信号を減衰させます。またこの回路は、前縁ブランキング機能に加えて、各サイクルの終了時点で電流センス・フィルタ・コンデンサを放電することで動的性能の改善に寄与します。

LM5021 CS コンパレータはきわめて高速に動作するため瞬間的なノイズ・パルスにも応答してしまう場合があります。電流センス・フィルタとセンス抵抗の基板レイアウトには十分な注意が必要です。CS フィルタに関連したコンデンサはデバイスのできるだけ近くに配置して、さらにデバイスのピン (CS と GND) に直接接続しなければなりません。電流センス・トランスを使用する場合は、トランス二次側の両方のリード・ピンを、デバイスの近くに配置すべきセンス抵抗にルーティングしてください。パワー FET のソース側に電流センス抵抗を配置する場合は低インダクタンスの抵抗を使用してください。この場合、ノイズに敏感なすべての小電流グラウンドをデバイス近くの共通点に集めて、電源グラウンドに対してシングル・ポイント接続を行ってください (センス抵抗グラウンド点)。

## 発振回路、シャットダウン、同期機能

RT と GND 間に接続した単一の外付け抵抗によって LM5021 の発振周波数が決まります。最大デューティ・サイクルが 50% に設定された LM5021-2 は、発振周波数を 2 分周するフリップフロップを内蔵しています。2 分周によって正確な 50% の最大デューティ・サイクル上限を実現しています。そのため、LM5021-2 のゲート・ドライブ出力 (OUT) の周波数は、発振周波数の正確に 2 分の 1 になっています。LM5021-1 では発振周波数と出力周波数は同一です。所望のスイッチング周波数 ( $F_{sw}$ ) に設定するには、RT の抵抗値を以下の式から求めます。

## 動作の詳細な説明 (つづき)

## LM5021-1:

$$RT = \frac{6.63 \times 10^9}{F_{SW}}$$

## LM5021-2:

$$RT = \frac{6.63 \times 10^9}{2 \times F_{SW}}$$

LM5021は外部クロックに同期させることも可能です。与える外部クロックは、RT 抵抗で設定されるフリーランの発振周波数より先高くなければなりません。クロック信号は 100pF コンデンサを用いて RT ピンに容量性結合してください。同期パルスを検出するために、RT ピンで 3.8V 以上のピーク電圧レベルが必要です。RT 抵抗両端の DC 電圧は内部で 2V に平滑化されます。そのため RT 抵抗上に重ね合わせる AC パルスは、発振回路の同期をさせるために、1.8V 以上の振幅が必要です。同期パルス幅は外付け部品によって 15ns から 150ns の範囲で設定します。発振回路をフリーランさせる場合でも、外部同期させる場合でも、RT 抵抗はかならず必要です。RT 抵抗はデバイスのできるだけ近くに配置し、LM5021 のピンに直接接続してください (RT と GND)。

## ゲート・ドライバと最大デューティ・サイクル制限

LM5021 は、ピーク・ソース電流 0.3A、ピーク・シンク電流 0.7A のゲートドライバ (OUT) を内蔵しています。LM5021 には、デューティ・サイクルの上限によって、2 種類のオプション品が存在します。出力の最大デューティ・サイクルは、LM5021-1 品では 80%、LM5021-2 品では 50% です。LM5021-2 の最大デューティ・サイクル制限は、正確なデューティ・サイクル上限を保証する内部グル・フリップフロップで実現されています。すなわち LM5021-2 の内部発振周波数は、PWM コントローラのスイッチング周波数 (OUT ピン) の 2 倍です。

LM5021-1 の 80% 最大デューティ・サイクルは内蔵発振回路で決まります。LM5021-1 では内部発振周波数と PWM コントローラのスイッチング周波数は同一です。

## ソフトスタート

ソフトスタート機能によって電源コンバータは、初期安定状態動作ポイントに徐々に到達することが可能になり、そのためスタートアップ時のストレスと突入電流が緩和されます。内蔵の 22µA 電流源が SS ピンに接続されている外付けコンデンサを充電します。コンデンサ電圧は、COMP ピン電圧と出力パルスのデューティ・サイクルを制限しながら、緩やかに上昇します。また、ソフトスタート・コンデンサは、スイッチング電源の出力が連続的に過負荷になった場合に、Hiccup モードの遅延時間の設定に使用されます。

## Hiccup モード過負荷電流制限

Hiccup モードは、過度の温度上昇と長時間にわたる過負荷状態での損傷から電源を保護する手段の 1 つです。出力の障害状態が解消されると電源は自動的に再スタートします。

Figure3 ~ 5 に、LM5021 の Hiccup モードの等価回路と対応する波形を示します。スタートアップ時と通常動作中は、外付けソフトスタート・コンデンサ  $C_{SS}$  は、SS ピンのコンデンサに 22µA を供給する電流源によってプルアップされています。ソフトスタート・コンデンサは通常動作中も充電が続けられ、最終的に電流源の飽和電圧にまで達します ( $V_{SS\_OCV}$ 、公称値 5.2V)。スタートアップ中、COMP ピン電圧は SS コンデンサ電圧に追従し、電源によって供給されるピーク電流は緩やかに増えていきます。スイッチング電源の出力が所望の電圧に到達すると、電圧帰還アンプが COMP 信号の制御を (オプトカプラを経由して) 引き継ぎます。通常モードでは、COMP レベルは電圧レギュレーション・ループによって制御され、1.25V から 2.75V の範囲の電圧に維持されます。COMP ピン電圧が 1.25V を下回ったときのデューティ・サイクルはゼロです。COMP ピン・レベルが 2.75V を超えている場合、デューティ・サイクルは、0.5V をスレッシュホールドとするサイクルごとの電流制限コンパレータによって制限されます。

電源出力が過負荷状態の場合、電圧レギュレーション・ループは COMP ピン制御電圧を高くしてより多くの電流を要求します。COMP ピンが過電圧検出スレッシュホールド ( $V_{OVLD}$ 、公称値 4.6V) を超えると、SS コンデンサ  $C_{SS}$  は 10µA 過負荷検出タイマ電流源  $I_{OVCS}$  によって放電されます。SS コンデンサが Hiccup モード・スレッシュホールド ( $V_{HIC}$ 、公称 4.6V) に放電するまでの時間にわたって COMP 電圧が  $V_{OVLD}$  より高い状態を続けると、コントローラは Hiccup モードに移行します。ここで OUT ピンは Low にラッチされ、SS コンデンサを放電する電流源は、10µA 電流源から 0.25µA のデッド時間電流源  $I_{DTCS}$  に切り替わります。SS ピン電圧は再スタート・スレッシュホールド ( $V_{RST}$ 、定格 0.3V) に達するまで緩やかに下降していきます。最後に 22µA 電流源がコンデンサ  $C_{SS}$  を充電して新たなスタートアップ・シーケンスが始まります。SS コンデンサは Hiccup スレッシュホールドから再スタート・スレッシュホールドまで緩やかに放電するためオフ時間が長くなり、連続過負荷に起因するダイオードや MOSFET の部品過熱を防ぎます。Hiccup モード中のオフ時間は次の式から求められます。

$$T_{off} = \frac{C_{SS} \times (V_{HC} - V_{RST})}{I_{DTCS}} = \frac{C_{SS} \times (4.6V - 0.3V)}{0.25 \mu A}$$

例:

$C_{SS}$  コンデンサ容量を 0.047µF と仮定した場合、 $T_{off} = 808ms$ 。短時間の断続的な過負荷では Hiccup モードはトリガされません。Hiccup 応答のトリガに必要な過負荷期間の長さは、コンデンサ  $C_{SS}$  の容量、10µA 放電電流源、SS ピンの飽和レベルと Hiccup モード・スレッシュホールドの電圧差によって決まります。Figure5 に過負荷状態が短時間発生した場合の SS ピン波形を示します。Hiccup モードへの移行を引き起こす過負荷時間は次の式から求められます。

$$T_{overload} = \frac{C_{SS} \times (V_{SS\_OCV} - V_{HC})}{I_{OVCS}} = \frac{C_{SS} \times 0.6V}{10 \mu A}$$

例:

$C_{SS}$  コンデンサ容量を 0.047µF と仮定した場合、 $T_{overload} = 2.82ms$ 。

動作の詳細な説明 (つづき)

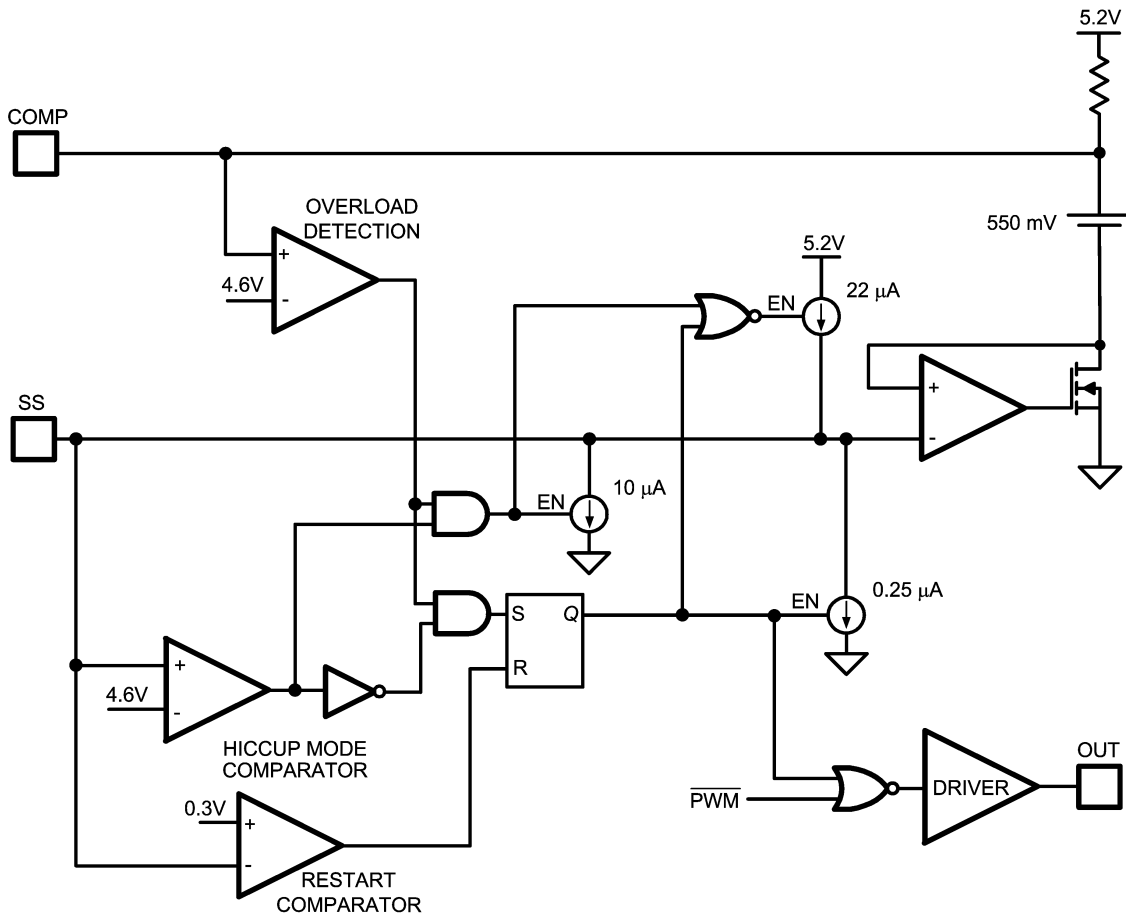


FIGURE 3. Hiccup Mode Control

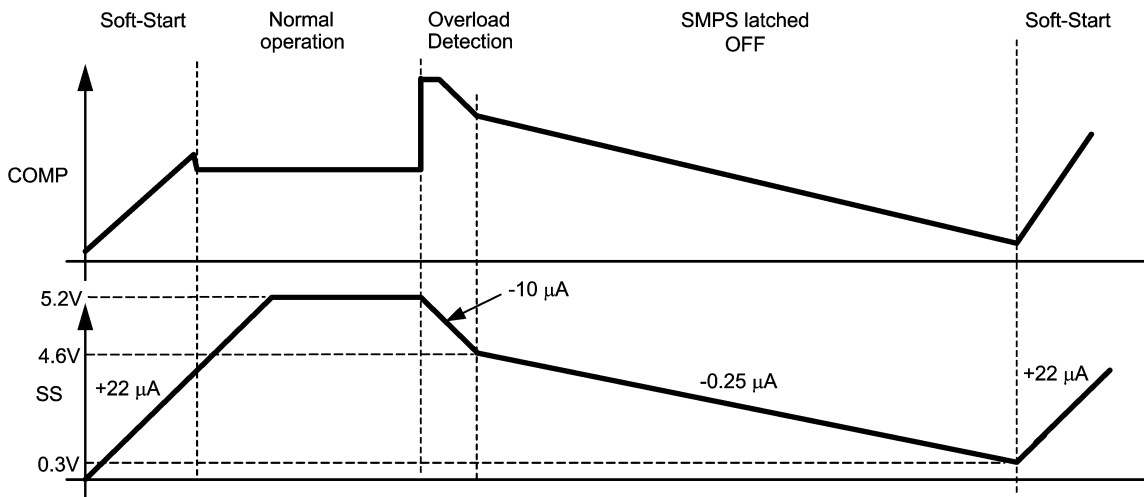


FIGURE 4 Waveform at SS and COMP Pin due to Continuous Overload

## 動作の詳細な説明 (つづき)

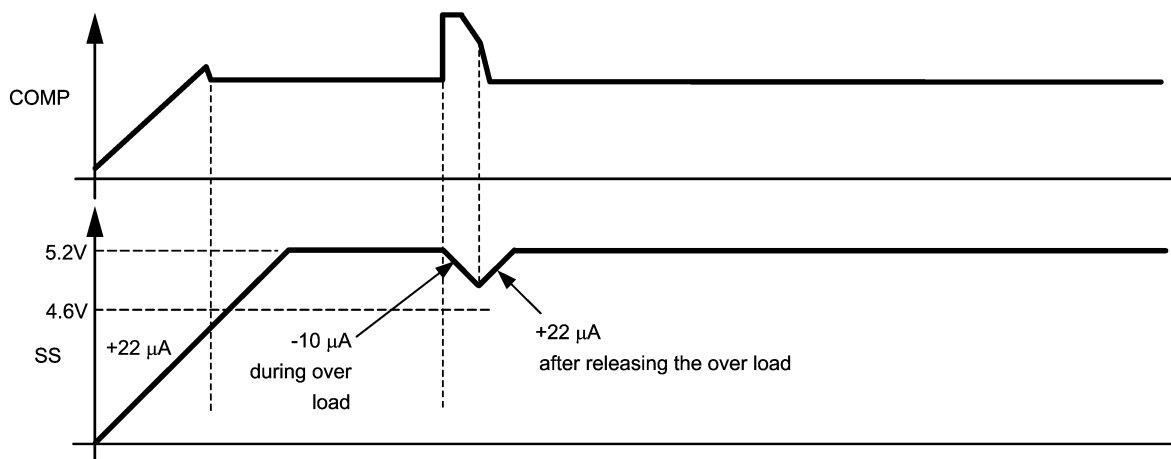


FIGURE 5. Waveform at SS and COMP Pin due to Brief Overload

## スキップ・サイクル動作

負荷が軽い状態では、負荷への供給電力に対してコンバータのスイッチングと動作バイアス電流に付随する損失の比率が高くなるため、スイッチング電源の効率は一般に低下します。電力損失の最大成分は、ゲート・ドライバと外付け MOSFET ゲート充電に付随するスイッチング損失です。各 PWM サイクルで、MOSFET がターンオンし続いてターンオンするときに、有限のエネルギーが消費されます。このようなスイッチング損失は動作周波数に比例します。LM5021 コントローラに内蔵されているスキップ・サイクルとは、平均スイッチング周波数を低くして、負荷が軽い場合のスイッチング損失を低減し効率を改善する機能です。

負荷が軽い場合、COMP ピンの電圧は電圧帰還ループによって下がり、コントローラが供給するピーク電流を抑えます。Figure 6 からわかるとおり、PWM コンバータ入力には、1.25V レベルシフト回路と3:1の抵抗分圧回路を介して COMP ピン電圧が与えら

れます。COMP ピン電圧の低下にもなると、PWM コンバータの入力も比例して低下します。PWM コンバータ入力が 125mV まで低下すると、スキップ・サイクル・コンバータは軽負荷状態であることを検出し、コントローラが出力する出力パルスをディスエーブルします。電源の出力電流が下がったあとは、より多くの出力電流を要求するために COMP ピン電圧が上昇するまで、コントローラはスキップ・スイッチング・サイクルを続けます。スキップされるサイクル数は、負荷と、周波数補償ネットワークの応答時間に依存します。出力電圧を維持するために多くの電流が必要となった時点で電圧ループは COMP ピンの電圧を高めます。PWM コンバータ入力が 130mV (5mV ヒステリシス) を超えると、一定周波数の通常のスイッチング動作に戻ります。標準的な電源回路では、スキップ・サイクルが長く続いたあとに、出力パルスがバースト状に短く発生すると考えられます。そのため、スキップ・サイクル・モードでの平均スイッチング周波数は、電源の通常動作周波数に比べてかなり低くなる場合があります。

動作の詳細な説明(つづき)

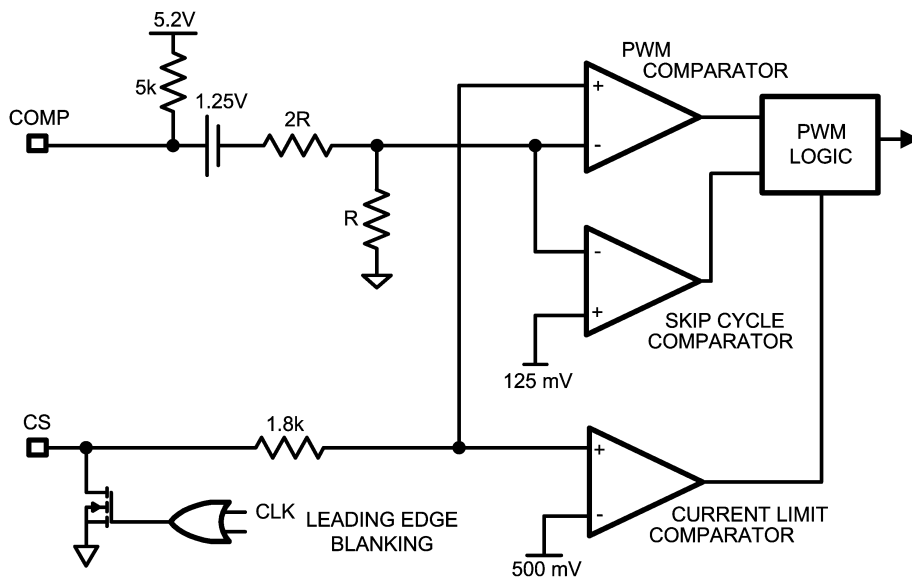
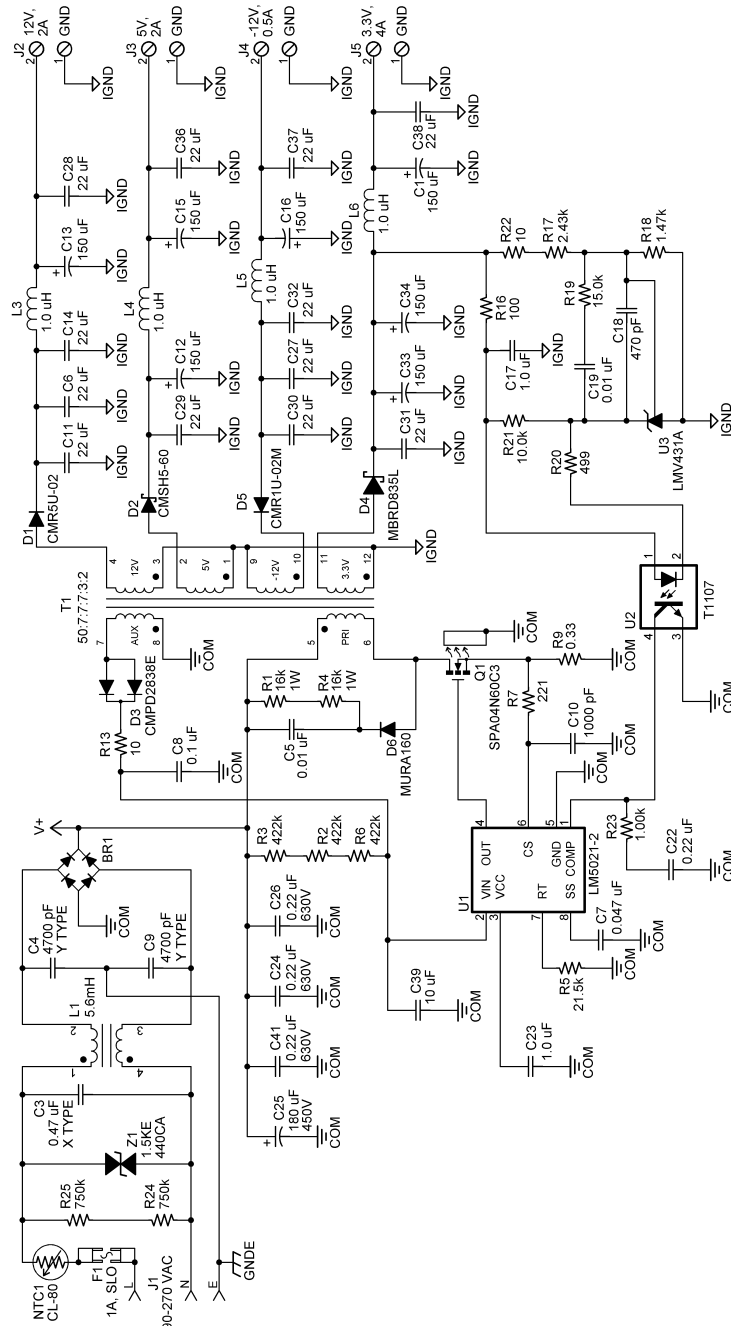
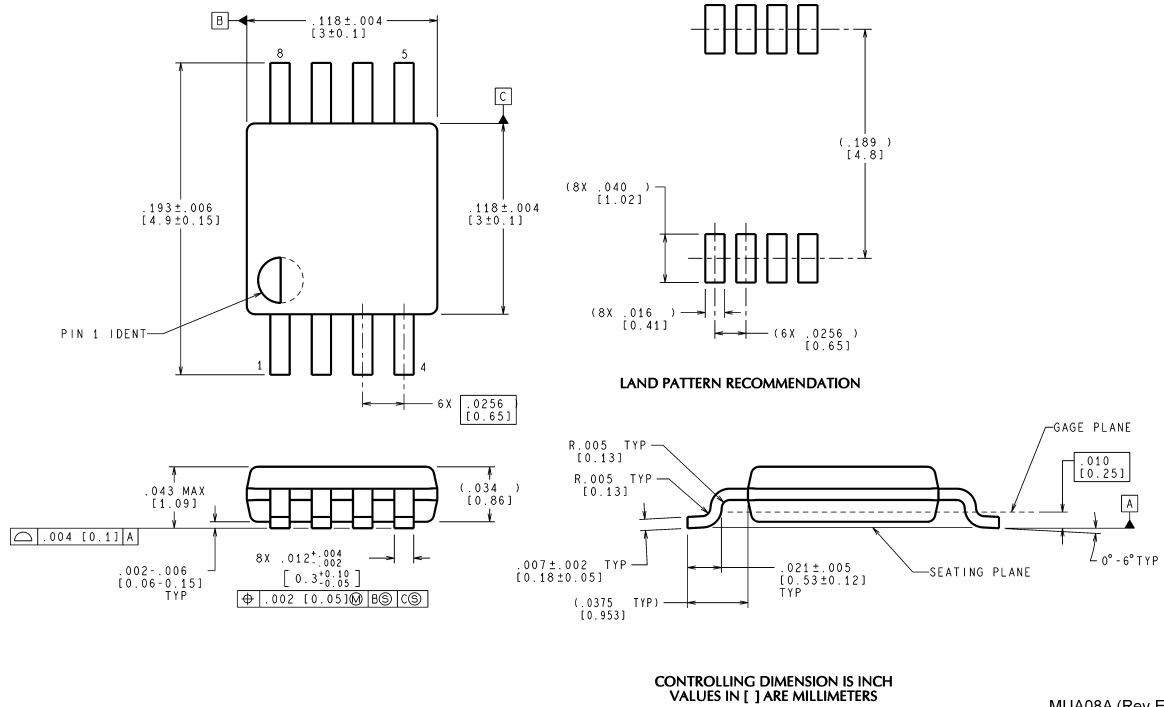


FIGURE 6. Skip Cycle Control

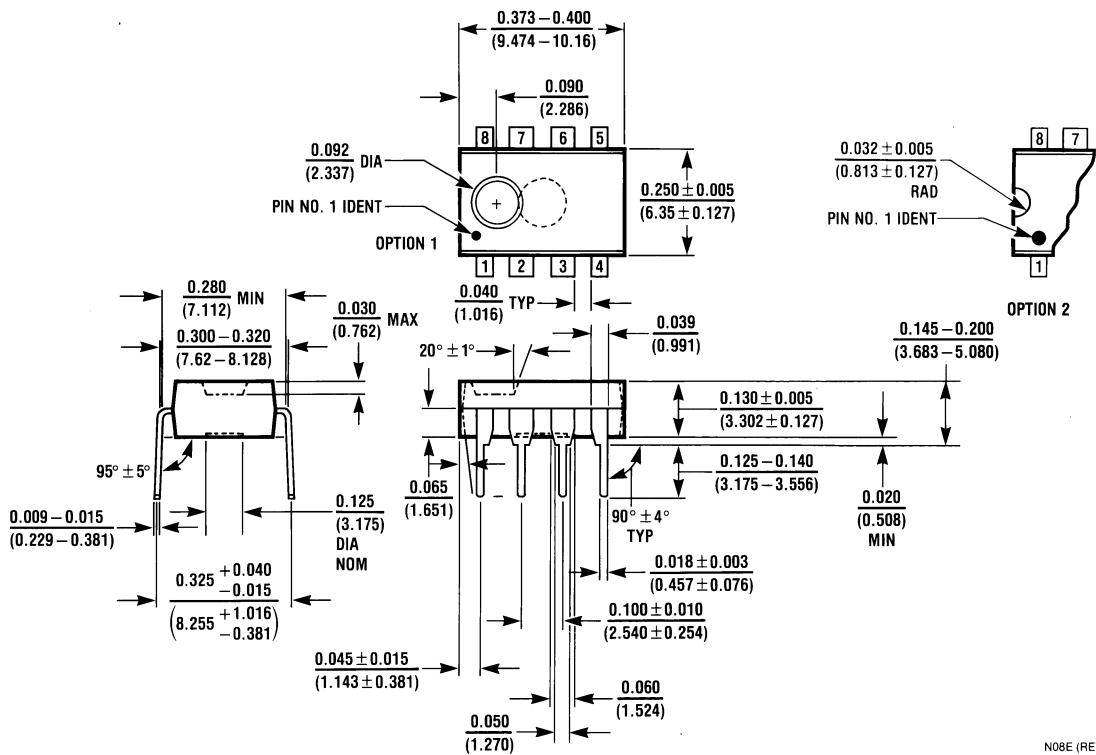
代表的なアプリケーション回路



外形寸法図 単位は millimeters



8 Lead MSOP Package  
NS Package Number MUA08A



8 Lead MDIP Package  
NS Package Number N08E

このドキュメントの内容はナショナル セミコンダクター社製品の関連情報として提供されます。ナショナル セミコンダクター社は、この発行物の内容の正確性または完全性について、いかなる表明または保証もいたしません。また、仕様と製品説明を予告なく変更する権利を有します。このドキュメントはいかなる知的財産権に対するライセンスも、明示的、黙示的、禁反言による惹起、またはその他を問わず、付与するものではありません。

試験や品質管理は、ナショナル セミコンダクター社が自社の製品保証を維持するために必要と考える範囲に用いられます。政府が課す要件によって指定される場合を除き、各製品のすべてのパラメータの試験を必ずしも実施するわけではありません。ナショナル セミコンダクター社は製品適用の援助や購入者の製品設計に対する義務は負いかねます。ナショナル セミコンダクター社の部品を使用した製品および製品適用の責任は購入者にあります。ナショナル セミコンダクター社の製品を用いたいかなる製品の使用または供給に先立ち、購入者は、適切な設計、試験、および動作上の安全手段を講じなければなりません。

それら製品の販売に関するナショナル セミコンダクター社との取引条件で規定される場合を除き、ナショナル セミコンダクター社は一切の義務を負わないものとし、また、ナショナル セミコンダクター社の製品の販売が使用、またはその両方に関連する特定目的への適合性、商品の機能性、ないしは特許、著作権、または他の知的財産権の侵害に関連した義務または保証を含むいかなる表明または黙示的保証も行いません。

#### 生命維持装置への使用について

ナショナル セミコンダクター社の製品は、ナショナル セミコンダクター社の最高経営責任者 (CEO) および法務部門 (GENERAL COUNSEL) の事前の書面による承諾がない限り、生命維持装置または生命維持システム内のきわめて重要な部品に使用することは認められていません。

ここで、生命維持装置またはシステムとは (a) 体内に外科的に使用されることを意図されたもの、または (b) 生命を維持あるいは支持するものをいい、ラベルにより表示される使用方法に従って適切に使用された場合に、これの不具合が使用者に身体的障害を与えると予想されるものをいいます。重要な部品とは、生命維持にかかわる装置またはシステム内のすべての部品をいい、これの不具合が生命維持用の装置またはシステムの不具合の原因となりそれらの安全性や機能に影響を及ぼすことが予想されるものをいいます。

National Semiconductor とナショナル セミコンダクターのロゴはナショナル セミコンダクター コーポレーションの登録商標です。その他のブランドや製品名は各権利所有者の商標または登録商標です。

Copyright © 2005 National Semiconductor Corporation  
製品の最新情報については [www.national.com](http://www.national.com) をご覧ください。

## ナショナル セミコンダクター ジャパン株式会社

本社 / 〒 135-0042 東京都江東区木場 2-17-16 TEL.(03)5639-7300

技術資料 (日本語 / 英語) はホームページより入手可能です。

[www.national.com/jpn/](http://www.national.com/jpn/)



# ご注意

日本テキサス・インスツルメンツ株式会社（以下TIJといいます）及びTexas Instruments Incorporated（TIJの親会社、以下TIJないしTexas Instruments Incorporatedを総称してTIといいます）は、その製品及びサービスを任意に修正し、改善、改良、その他の変更をし、もしくは製品の製造中止またはサービスの提供を中止する権利を留保します。従いまして、お客様は、発注される前に、関連する最新の情報を取得して頂き、その情報が現在有効かつ完全なものであるかどうかをご確認下さい。全ての製品は、お客様とTIJとの間取引契約が締結されている場合は、当該契約条件に基づき、また当該取引契約が締結されていない場合は、ご注文の受諾の際に提示されるTIJの標準販売契約約款に従って販売されます。

TIは、そのハードウェア製品が、TIの標準保証条件に従い販売時の仕様に対応した性能を有していること、またはお客様とTIJとの間で合意された保証条件に従い合意された仕様に対応した性能を有していることを保証します。検査およびその他の品質管理技法は、TIが当該保証を支援するのに必要とみなす範囲で行なわれております。各デバイスの全てのパラメーターに関する固有の検査は、政府がそれ等の実行を義務づけている場合を除き、必ずしも行なわれておりません。

TIは、製品のアプリケーションに関する支援もしくはお客様の製品の設計について責任を負うことはありません。TI製部品を使用しているお客様の製品及びそのアプリケーションについての責任はお客様にあります。TI製部品を使用したお客様の製品及びアプリケーションについて想定される危険を最小のものとするため、適切な設計上および操作上の安全対策は、必ずお客様にてお取り下さい。

TIは、TIの製品もしくはサービスが使用されている組み合わせ、機械装置、もしくは方法に関連しているTIの特許権、著作権、回路配置利用権、その他のTIの知的財産権に基づいて何らかのライセンスを許諾するということは明示的にも黙示的にも保証も表明もしていません。TIが第三者の製品もしくはサービスについて情報を提供することは、TIが当該製品もしくはサービスを使用することについてライセンスを与えるとか、保証もしくは承認するということを意味しません。そのような情報を使用するには第三者の特許その他の知的財産権に基づき当該第三者からライセンスを得なければならない場合もあり、またTIの特許その他の知的財産権に基づきTIからライセンスを得て頂かなければならない場合もあります。

TIのデータ・ブックもしくはデータ・シートの中にある情報を複製することは、その情報に一切の変更を加えること無く、かつその情報と結び付けられた全ての保証、条件、制限及び通知と共に複製がなされる限りにおいて許されるものとします。当該情報に変更を加えて複製することは不正で誤認を生じさせる行為です。TIは、そのような変更された情報や複製については何の義務も責任も負いません。

TIの製品もしくはサービスについてTIにより示された数値、特性、条件その他のパラメーターと異なる、あるいは、それを超えてなされた説明で当該TI製品もしくはサービスを再販売することは、当該TI製品もしくはサービスに対する全ての明示的保証、及び何らかの黙示的保証を無効にし、かつ不正で誤認を生じさせる行為です。TIは、そのような説明については何の義務も責任もありません。

TIは、TIの製品が、安全でないことが致命的となる用途ないしアプリケーション（例えば、生命維持装置のように、TI製品に不良があった場合に、その不良により相当な確率で死傷等の重篤な事故が発生するようなもの）に使用されることを認めておりません。但し、お客様とTIの双方の権限有る役員が書面でそのような使用について明確に合意した場合は除きます。たとえTIがアプリケーションに関連した情報やサポートを提供したとしても、お客様は、そのようなアプリケーションの安全面及び規制面から見た諸問題を解決するために必要とされる専門的知識及び技術を持ち、かつ、お客様の製品について、またTI製品をそのような安全でないことが致命的となる用途に使用することについて、お客様が全ての法的責任、規制を遵守する責任、及び安全に関する要求事項を満足させる責任を負っていることを認め、かつそのことに同意します。さらに、もし万一、TIの製品がそのような安全でないことが致命的となる用途に使用されたことによって損害が発生し、TIないしその代表者がその損害を賠償した場合は、お客様がTIないしその代表者にその全額の補償をするものとします。

TI製品は、軍事的用途もしくは宇宙航空アプリケーションないし軍事的環境、航空宇宙環境にて使用されるようには設計もされていませんし、使用されることを意図されていません。但し、当該TI製品が、軍需対応グレード品、若しくは「強化プラスチック」製品としてTIが特別に指定した製品である場合は除きます。TIが軍需対応グレード品として指定した製品のみが軍需品の仕様書に合致いたします。お客様は、TIが軍需対応グレード品として指定していない製品を、軍事的用途もしくは軍事的環境下で使用することは、もっぱらお客様の危険負担においてなされるということ、及び、お客様がもっぱら責任をもって、そのような使用に関して必要とされる全ての法的要求事項及び規制上の要求事項を満足させなければならないことを認め、かつ同意します。

TI製品は、自動車用アプリケーションないし自動車の環境において使用されるようには設計されていませんし、また使用されることを意図されていません。但し、TIがISO/TS 16949の要求事項を満たしていると特別に指定したTI製品は除きます。お客様は、お客様が当該TI指定品以外のTI製品を自動車用アプリケーションに使用しても、TIは当該要求事項を満たしていなかったことについて、いかなる責任も負わないことを認め、かつ同意します。

Copyright © 2011, Texas Instruments Incorporated  
日本語版 日本テキサス・インスツルメンツ株式会社

## 弊社半導体製品の取り扱い・保管について

半導体製品は、取り扱い、保管・輸送環境、基板実装条件によっては、お客様での実装前後に破壊/劣化、または故障を起こすことがあります。

弊社半導体製品のお取り扱い、ご使用にあたっては下記の点を遵守して下さい。

### 1. 静電気

- 素手で半導体製品単体を触らないこと。どうしても触る必要がある場合は、リストストラップ等で人体からアースをとり、導電性手袋等をして取り扱うこと。
- 弊社出荷梱包単位（外装から取り出された内装及び個装）又は製品単品で取り扱いを行う場合は、接地された導電性のテーブル上で（導電性マットにアースをとったもの等）、アースをした作業者が行うこと。また、コンテナ等も、導電性のものを使うこと。
- マウンタやはんだ付け設備等、半導体の実装に関わる全ての装置類は、静電気の帯電を防止する措置を施すこと。
- 前記のリストストラップ・導電性手袋・テーブル表面及び実装装置類の接地等の静電気帯電防止措置は、常に管理されその機能が確認されていること。

### 2. 温・湿度環境

- 温度：0～40℃、相対湿度：40～85%で保管・輸送及び取り扱いを行うこと。（但し、結露しないこと。）

- 直射日光が当たる状態で保管・輸送しないこと。
3. 防湿梱包
    - 防湿梱包品は、開封後は個別推奨保管環境及び期間に従い基板実装すること。
  4. 機械的衝撃
    - 梱包品（外装、内装、個装）及び製品単品を落下させたり、衝撃を与えないこと。
  5. 熱衝撃
    - はんだ付け時は、最低限260℃以上の高温状態に、10秒以上さらさないこと。（個別推奨条件がある時はそれに従うこと。）
  6. 汚染
    - はんだ付け性を損なう、又はアルミ配線腐食の原因となるような汚染物質（硫黄、塩素等ハロゲン）のある環境で保管・輸送しないこと。
    - はんだ付け後は十分にフラックスの洗浄を行うこと。（不純物含有率が一定以下に保証された無洗浄タイプのフラックスは除く。）

以上