

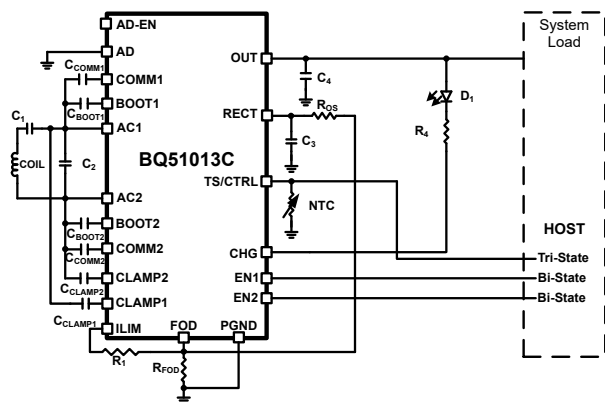
## BQ51013C : 高集積無線レシーバ Qi (WPC v1.3) 準拠電源

### 1 特長

- 内蔵ワイヤレス電源レシーバソリューション
  - 全体ピーク AC/DC 効率: 93%
  - フル同期整流器
  - WPC v1.3 準拠の通信制御
  - 出力電圧調整
  - RX コイルと出力の間に必要な唯一の IC
- Wireless Power Consortium (WPC) v1.3 準拠 (FOD イネーブル) の高精度電流センス
- 適合型の通信制限により安定した通信を実現
- 最大 20V の入力をサポート
- 低消費電力の整流回路による過電圧クランプ ( $V_{OVP} = 15V$ )
- サーマル シャットダウン
- 温度監視、充電完了、フォルト ホスト制御用の多機能 NTC/制御ピン

### 2 アプリケーション

- WPC v1.3 準拠のレシーバ
- 超音波スマートプローブ
- ヘッドセット / ヘッドホン、小型イヤホン
- 携帯電話とスマートフォン
- ヘッドセット
- ハンドヘルド機器



概略回路図

### 3 説明

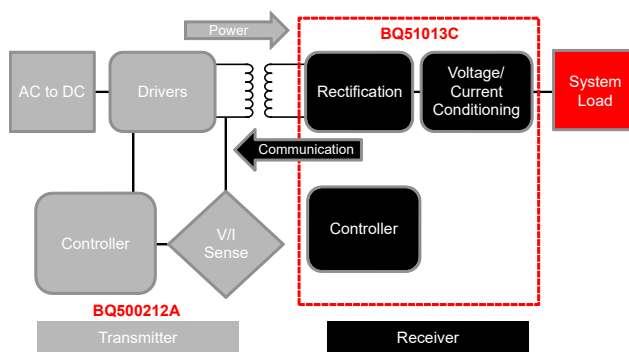
BQ51013C デバイスは、ポータブル アプリケーションで最大 5W を供給できる、先進的でフレキシブルなワイヤレスパワー伝送用シングルチップ二次側デバイスです。BQ51013C デバイスは、WPC (Wireless Power Consortium) Qi v1.3 通信プロトコル準拠に必要なデジタル制御機能を統合すると同時に、レシーバ (RX) AC/DC 電力変換およびレギュレーション機能を備えています。BQ500212A 一次側コントローラ (またはその他の Qi トランスミッタ) との組み合わせにより、BQ51013C はワイヤレス給電ソリューション用の完全な非接触電力伝送システムを実現します。二次側から一次側へのグローバル フィードバックを確立して、Qi v1.3 プロトコルを使用する電力伝送プロセスを制御します。

BQ51013C は、低抵抗の同期整流回路、低ドロップアウトレギュレータ (LDO)、デジタル制御、高精度の電圧/電流ループを内蔵し、高効率と低消費電力を実現します。

#### パッケージ情報

部品番号	パッケージ (1)	パッケージ サイズ (2)	本体サイズ (公称)
BQ51013C	RHL (VQFN 20)	4.50mm × 3.50mm	4.50mm × 3.50mm

- 供給されているすべてのパッケージについては、[セクション 14](#) を参照してください。
- パッケージサイズ (長さ × 幅) は公称値であり、該当する場合はピンも含まれます。



ワイヤレス給電システムの概要



## 目次

1 特長.....	1	8.4 デバイスの機能モード.....	28
2 アプリケーション.....	1	9 アプリケーションと実装.....	29
3 説明.....	1	9.1 アプリケーション情報.....	29
4 概要 (続き).....	3	9.2 代表的なアプリケーション.....	29
5 デバイス比較表.....	4	10 電源に関する推奨事項.....	38
6 ピン構成および機能.....	5	11 レイアウト.....	38
7 仕様.....	7	11.1 レイアウトのガイドライン.....	38
7.1 絶対最大定格.....	7	11.2 レイアウト例.....	39
7.2 ESD 定格.....	7	12 デバイスおよびドキュメントのサポート.....	40
7.3 推奨動作条件.....	7	12.1 デバイス サポート.....	40
7.4 熱に関する情報.....	7	12.2 ドキュメントの更新通知を受け取る方法.....	40
7.5 電気的特性.....	8	12.3 サポート・リソース.....	40
7.6 代表的特性.....	11	12.4 商標.....	40
8 詳細説明.....	15	12.5 静電気放電に関する注意事項.....	40
8.1 概要.....	15	12.6 用語集.....	40
8.2 機能ブロック図.....	16	13 改訂履歴.....	40
8.3 機能説明.....	16	14 メカニカル、パッケージ、および注文情報.....	41

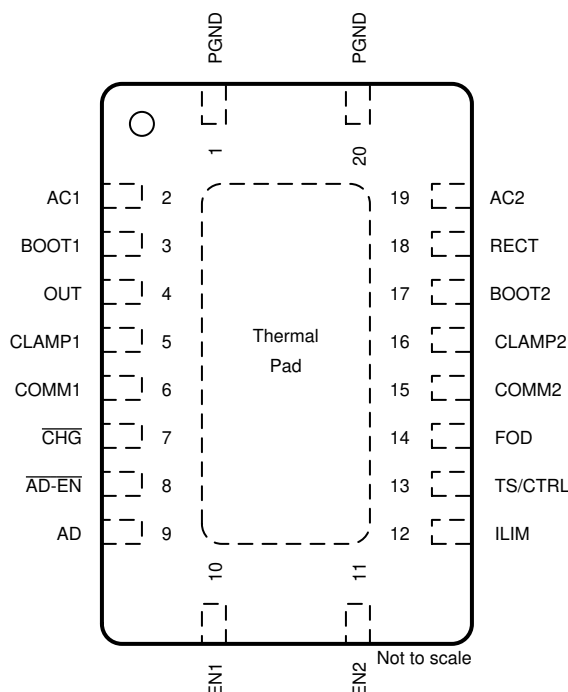
## 4 概要 (続き)

また、BQ51013C はデジタル コントローラも搭載しており、WPC v1.3 規格で設定された範囲内でモバイル機器の受電量を計算します。その後、この情報がコントローラからトランスミッタ (TX) に伝達されるため、TX は磁気インターフェイス内の異物の有無を判断でき、磁界内の安全性が向上します。この異物検出機能 (FOD) は、WPC v1.3 仕様で搭載を義務付けられています。

## 5 デバイス比較表

デバイス	機能	V <sub>OUT</sub> (V <sub>BAT-REG</sub> )	最大 P <sub>OUT</sub>	I <sup>2</sup> C
BQ51003	無線レシーバ	5V	2.5W	なし
BQ51013B	無線レシーバ	5V	5W	いいえ
BQ51013B-Q1	車載用無線レシーバ	5V	5W	いいえ
BQ51013C-Q1	車載用無線レシーバ	5V	5W	なし
BQ51013C	無線レシーバ	5V	5W	なし
BQ51020	無線レシーバ	4.5V ~ 8V	5W	なし
BQ51021	無線レシーバ	4.5V ~ 8V	5W	あり
BQ51050B	無線レシーバと直接充電器	4.2V	5W	なし
BQ51051B	無線レシーバと直接充電器	4.35V	5W	なし
BQ51052B	無線レシーバと直接充電器	4.4V	5W	なし

## 6 ピン構成および機能



A. 露出したサーマルパッドはグラウンドに接地する必要があります。

図 6-1. RHL パッケージ 20 ピン VQFN 上面図

表 6-1. ピンの機能

ピン		I/O	説明
名称	番号		
AC1	2	I	受信コイルからの AC 入力。
AC2	19	I	
AD	9	I	AD 機能を使用する場合は、このピンを有線アダプタ入力に接続します。このピンに $V_{AD\_Pres}$ が適用されると、無線充電は無効になり、 $\overline{AD\_EN}$ は Low に駆動されます。AD から PGND に $1\mu F$ のコンデンサを接続します。使用しない場合はコンデンサは不要であり、AD は PGND に直接接続する必要があります。
$\overline{AD\_EN}$	8	O	有線充電がアクティブな場合の外部 PFET 用のプッシュプルドライバ。使用しない場合はフロートにします。
BOOT1	3	O	同期整流器のハイサイド FET を駆動するためのブートストラップ コンデンサ。BOOT1 から AC1 へ、および BOOT2 から AC2 へ $10nF$ のセラミック コンデンサを接続します。
BOOT2	17	O	
CHG	7	O	オープンドレイン出力 - OUT が有効な場合にアクティブになります。使用しない場合はフロートするか、PGND に接続します。
CLAMP2	16	O	非電力消費過電圧 AC クランプ保護に使用されるオープンドレイン FET。RECT 電圧が $15V$ を超えると、両方のスイッチがオンになり、コンデンサは低インピーダンスとして機能してデバイスを損傷から保護します。使用する場合は、コンデンサを使用して CLAMP1 を AC1 に、CLAMP2 を AC2 に接続します。推奨される接続は $0.47\mu F$ のコンデンサです。
CLAMP1	5	O	
COMM1	6	O	反射インピーダンスを変化させて一次側と通信するために使用されるオープンドレイン出力。容量性負荷変調のために、COMM1 から AC1 にコンデンサを接続し、COMM2 から AC2 にコンデンサを接続します。抵抗性変調の場合は、COMM1 と COMM2 を 1 つの抵抗器を介して RECT に接続します。詳細については「 <a href="#">セクション 8.3.8</a> 」を参照。
COMM2	15	O	
EN1	10	I	ユーザーが無線充電と有線充電を有効または無効にできる入力 <EN1 EN2>: <00> AD 電圧 $> V_{AD\_Pres}$ でない限り、無線充電は有効になります。 <01> 動的通信電流制限が無効です。 <10> $\overline{AD\_EN}$ が low にプルされ、無線充電が無効になりました。 <11> 有線充電および無線充電が無効です。
EN2	11	I	
FOD	14	I	
			整流された電力測定の入力。詳しくは、 <a href="#">セクション 8.3.14</a> を参照してください。

表 6-1. ピンの機能 (続き)

ピン		I/O	説明
名称	番号		
ILIM	12	I/O	過電流制限のプログラミング ピン。ILIM から GND までの合計抵抗 ( $R_{ILIM}$ ) によって電流制限が設定されます。図 9-1 に示す回路図は、 $R_{ILIM}$ を $R_1 + R_{FOD}$ として示しています。詳細は <a href="#">セクション 7.5</a> および <a href="#">図 9-1</a> をご覧ください。
OUT	4	O	出力ピン。負荷に電力を供給します。
PGND	1、20		電源グランド
RECT	18	O	内部同期整流器用のフィルタ コンデンサ。セラミックコンデンサを PGND に接続します。電力レベルに応じて、値は $4.7\mu\text{F} \sim 22\mu\text{F}$ になります。
TS/CTRL	13	I	デュアル機能ピン: 温度センス (TS) および制御 (CTRL) ピンの機能。 TS 機能を使用する場合は、負温度係数 (NTC) 抵抗器を介して TS/CTRL を接地します。NTC 機能が必要ない場合は、 $10\text{k}\Omega$ の抵抗を使用して PGND に接続します。詳細については、 <a href="#">セクション 8.3.11</a> を参照してください。 CTRL 機能の場合、 $V_{CTRL-Low}$ を下回るか、 $V_{CTRL-High}$ を上回ると、End Power Transfer Packet (パワー伝送パケット終了) が送信されます。詳細については、 <a href="#">表 8-3</a> を参照してください。
—	PAD	—	露出したサーマルパッドはグランドに接地する必要があります (PGND)

## 7 仕様

### 7.1 絶対最大定格

自由空気での動作温度範囲内 (特に記述のない限り)<sup>(1) (2)</sup>

		最小値	最大値	単位
入力電圧	AC1, AC2	-0.8	20	V
	RECT, COMM1, COMM2, OUT, CHG, CLAMP1, CLAMP2	-0.3	20	
	AD, AD-EN	-0.3	30	
	BOOT1, BOOT2	-0.3	26	
	EN1, EN2 <sup>(3)</sup> , FOD, TS/CTRL, ILIM	-0.3	7	
入力電流	AC1, AC2		2	A(RMS)
出力電流	OUT		1.5	A
出力シンク電流	CHG		15	mA
	COMM1, COMM2		1	A
接合部温度、T <sub>J</sub>		-40	150	°C
保管温度、T <sub>stg</sub>		-65	150	°C

- (1) 特に記載がない限り、すべての電圧は VSS 端子を基準とします。  
(2) 絶対最大定格を上回るストレスが加わった場合、デバイスに永続的な損傷が発生する可能性があります。これらはあくまでもストレス評価であり、データシートの「推奨動作条件」に示された値と等しい、またはそれを超える条件で本製品が正しく動作することを暗黙的に示すものではありません。絶対最大定格の状態が長時間続くと、デバイスの信頼性に影響を与える可能性があります。  
(3) EN1 または EN2 が高速過渡現象 (>10V/10ns) の影響を受ける場合は、電流制限抵抗 (1kΩ ~ 10kΩ) を追加する必要があります。

### 7.2 ESD 定格

		値	単位
V <sub>(ESD)</sub> 静電放電	人体モデル (HBM)、AEC Q100-002 に準拠 <sup>(1)</sup>	±2000	V
	荷電デバイス モデル (CDM)、AEC Q100-011 準拠	±500	

- (1) AEC Q100-002 は、HBM ストレス試験を ANSI/ESDA/JEDEC JS-001 仕様に従って実施しなければならないと規定しています。

### 7.3 推奨動作条件

自由気流での動作温度範囲内 (特に記述のない限り)

		最小値	最大値	単位
V <sub>RECT</sub> 電圧	RECT	4	7	V
I <sub>RECT</sub> 内部整流器を流れる電流	RECT		1.5	A
I <sub>OUT</sub> 出力電流	OUT		1.5	A
V <sub>AD</sub> アダプタ電圧	AD		15	V
I <sub>AD-EN</sub> シンク電流	AD-EN		1	mA
I <sub>COMM</sub> COMMx シンク電流	COMM1, COMM2		500	mA
T <sub>J</sub> 接合部温度		0	125	°C

### 7.4 熱に関する情報

熱評価基準 <sup>(1)</sup>	BQ51013C	単位
	RHL (VQFN)	
	20 ピン	
R <sub>θJA</sub> 接合部から周囲への熱抵抗	37.2	°C/W

## 7.4 熱に関する情報 (続き)

熱評価基準 <sup>(1)</sup>		BQ51013C	単位
		RHL (VQFN)	
		20 ピン	
$R_{\theta JC(top)}$	接合部からケース (上面) への熱抵抗	30.0	°C/W
$R_{\theta JB}$	接合部から基板への熱抵抗	14.0	°C/W
$\Psi_{JT}$	接合部から上面への特性パラメータ	0.4	°C/W
$\Psi_{JB}$	接合部から基板への特性パラメータ	13.9	°C/W
$R_{\theta JC(bot)}$	接合部からケース (底面) への熱抵抗	3.3	°C/W

(1) 従来および最新の熱評価基準の詳細については、『半導体および IC パッケージの熱評価基準』アプリケーションレポートを参照してください。  
[spra953](#)

## 7.5 電気的特性

自由気流での動作温度範囲、-40°C ~ 125°C (特に記述のない限り)

パラメータ		テスト条件	最小値	標準値	最大値	単位
$V_{UVLO}$	低電圧誤動作防止	$V_{RECT}: 0V \rightarrow 3V$	2.5	2.7	2.8	V
$V_{HYS-UVLO}$	UVLO のヒステリシス	$V_{RECT}: 3V \rightarrow 2V$		0.25		V
$V_{RECT-OVP}$	入力過電圧スレッシュホールド	$V_{RECT}: 5V \rightarrow 16V$	14.5	15	15.5	V
$V_{HYS-OVP}$	OVP のヒステリシス	$V_{RECT}: 16V \rightarrow 5V$		0.15		V
$V_{RECT-Th4}$	動的 $V_{RECT}$ スレッシュホールド 4	$I_{LOAD} > 0.4 \times I_{IMAX}$ ( $I_{LOAD}$ 立ち上がり)		5.11		V
$V_{RECT-DPM}$	整流器の低電圧保護、 $V_{RECT-DPM-DPM}$ で $I_{OUT}$ を制限		3	3.1	3.2	V
$V_{RECT-REV}$	出力時の整流器逆電圧保護	$V_{RECT-REV} = V_{OUT} - V_{RECT}$ , $V_{OUT} = 10V$	7	8	9	V
<b>静止時電流</b>						
$I_{RECT}$	RECT からのアクティブ チップ静止電流消費	$I_{LOAD} = 0mA, 0^\circ C \leq T_J \leq 85^\circ C$		8	10	mA
		$I_{LOAD} = 300mA, 0^\circ C \leq T_J \leq 85^\circ C$		2	3	mA
$I_{OUT}$	ワイヤレス電源が無効 (スタンバイ) の場合の出力時静止電流	$V_{OUT} = 5V, 0^\circ C \leq T_J \leq 85^\circ C$		20	35	μA
<b><math>I_{LIM}</math> 短絡</b>						
$R_{ILIM-SHORT}$	$I_{LIM}$ 対地抵抗 ( $R_{ILIM}$ ) の最高値は故障 (ショート) とみなされます。 $I_{OUT} > 100mA$ を監視	$R_{ILIM}: 200\Omega \rightarrow 50\Omega$ $I_{OUT}$ ラッチオフ、電源を入れ直すとリセットされます			120	Ω
$t_{DGL-Short}$	$I_{LIM}$ ショートから $I_{OUT}$ 無効までのデグリッチ時間遷移			1		ms
$I_{LIM\_SHORT,OK}$	$I_{LIM\_SHORT,OK}$ は、 $I_{OUT}$ がこの値より大きい場合に $I_{LIM}$ ショート コンパレータを有効にします。	$I_{LOAD}: 0mA \rightarrow 200mA$	116	145	165	mA
$I_{LIM\_SHORT,OK\_HYST}$	$I_{LIM\_SHORT,OK}$ コンパレータのヒステリシス	$I_{LOAD}: 0mA \rightarrow 200mA$		30		mA
$I_{OUT}$	最大出力電流制限、 $C_L$	$I_{LIM}$ が短絡したときに 1ms に供給される最大 $I_{LOAD}$			2450	mA
<b>出力</b>						
$V_{OUT-REG}$	制御された出力電圧	$I_{LOAD} = 1000mA$	4.92	5.00	5.04	V
		$I_{LOAD} = 10mA$	4.94	5.01	5.06	



## 7.5 電気的特性 (続き)

自由気流での動作温度範囲、-40°C ~ 125°C (特に記述のない限り)

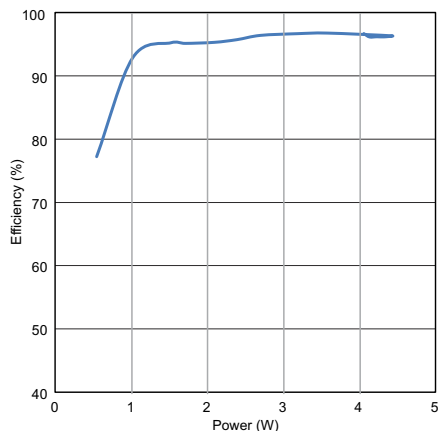
パラメータ		テスト条件	最小値	標準値	最大値	単位
$K_{ILIM}$	ハードウェア保護のための電流プログラミング係数	$R_{ILIM} = K_{ILIM} / I_{ILIM}$ , ここで $I_{ILIM}$ はハードウェアの電流制限です。 $I_{OUT} = 1A$	285	314	321	AΩ
$K_{IMAX}$	公称動作電流の電流プログラミング係数	$I_{IMAX} = K_{IMAX} / R_{ILIM}$ , ここで $I_{IMAX}$ は最大公称動作電流です。 $I_{OUT} = 1A$		262		AΩ
$I_{OUT}$	電流制限プログラミング範囲				1500	mA
$I_{COMM}$	WPC 通信中の電流制限	$I_{OUT} > 300mA$		$I_{OUT} + 50$		mA
		$I_{OUT} < 300mA$	320	380	440	mA
$t_{HOLD}$	起動時の通信電流制限のホールド オフ時間			1		s
<b>TS / CTRL 機能</b>						
$V_{TS-Bias}$	内部 TS バイアス電圧 ( $V_{TS}$ は TS/CTRL ピンの電圧、 $V_{TS-Bias}$ は内部バイアス電圧)	$I_{TS-Bias} < 100\mu A$ (定期的に駆動されます。 $t_{TS/CTRL}$ を参照してください。)	2	2.2	2.4	V
$V_{COLD}$	立ち上がりスレッシュホールド	$V_{TS-Bias}$ : 50% → 60%	56.5	58.7	60.8	% $V_{TS-Bias}$
$V_{COLD-Hyst}$	立ち下がりヒステリシス	$V_{TS-Bias}$ : 60% → 50%		2		% $V_{TS-Bias}$
$V_{HOT}$	立ち上がりスレッシュホールド	$V_{TS-Bias}$ : 20% → 15%	18.5	19.6	20.7	% $V_{TS-Bias}$
$V_{HOT-Hyst}$	立ち下がりヒステリシス	$V_{TS-Bias}$ : 15% → 20%		3		% $V_{TS-Bias}$
$V_{CTRL-High}$	high 時の CTRL ピンの電圧		0.2		5	V
$V_{CTRL-Low}$	low 時の CTRL ピンの電圧		0		0.05	mV
$t_{TS/CTRL-Meas}$	TS/CTRL 測定の期間 ( $V_{TS-Bias}$ が内部で駆動されている場合)	通信周期に同期		24		ms
$t_{TS-Deglitch}$	すべての TS コンパレータのデグリッチ時間			10		ms
$R_{TS}$	NTC ネットワーク用のプルアップ抵抗。 $V_{TB-Bias}$ にプルアップ		18	20	22	kΩ
<b>熱保護</b>						
$T_{J-SD}$	サーマル シャットダウン温度			155		°C
$T_{J-Hys}$	サーマル シャットダウン ヒステリシス			20		°C
<b>CHG の出力ロジックレベル</b>						
$V_{OL}$	オープン ドレイン CHG ピン	$I_{SINK} = 5mA$			500	mV
$I_{OFF}$	無効時の $\overline{CHG}$ リーク電流	$V_{\overline{CHG}} = 20V$			1	μA
<b>通信ピン</b>						
$R_{DS(ON)}$	COMM1、COMM2	$V_{RECT} = 2.6V$		1.5		Ω
$I_{OFF}$	COMMx ピンのリーク電流	$V_{COMM1} = 20V$ , $V_{COMM2} = 20V$			1	μA
<b>クランプピン</b>						
$R_{DS(ON)}$	CLAMP1、CLAMP2			0.8		Ω
<b>アダプタ有効</b>						
$V_{AD-Pres}$	$V_{AD}$ 立ち上がりスレッシュホールド電圧	$V_{AD} 0V \rightarrow 5V$	3.5	3.6	3.8	V
$V_{AD-PresH}$	$V_{AD}$ ヒステリシス	$V_{AD} 5V \rightarrow 0V$		400		mV
$I_{AD}$	入力リーク電流	$V_{RECT} = 0V$ , $V_{AD} = 5V$			60	μA
$R_{AD}$	アダプタ モードが無効で $V_{OUT} > V_{AD}$ 、EN-OUT の場合の $\overline{AD-EN}$ から OUT へのプルアップ抵抗	$V_{AD} = 0V$ , $V_{OUT} = 5V$		200	350	Ω

## 7.5 電気的特性 (続き)

自由気流での動作温度範囲、 $-40^{\circ}\text{C} \sim 125^{\circ}\text{C}$  (特に記述のない限り)

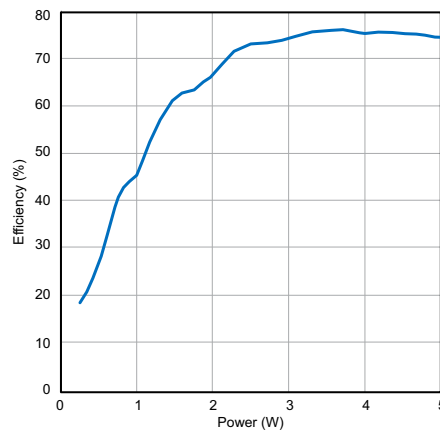
パラメータ		テスト条件	最小値	標準値	最大値	単位
$V_{\text{AD-Diff}}$	アダプタモードが有効な場合の $V_{\text{AD}}$ と $V_{\text{AD-EN}}$ 間の電圧差	$V_{\text{AD}} = 5\text{V}$ , $0^{\circ}\text{C} \leq T_J \leq 85^{\circ}\text{C}$	3	4.5	5	V
<b>同期整流器</b>						
$I_{\text{OUT-SR}}$	同期整流器が半同期モードに入る $I_{\text{OUT}}$ 、 $\text{SYNC\_EN}$	$I_{\text{LOAD}} 200\text{mA} \rightarrow 0\text{mA}$	80	100	135	mA
$I_{\text{OUT-SRH}}$	$I_{\text{OUT-SR}}$ のヒステリシス (完全同期モード有効)	$I_{\text{LOAD}} 0\text{mA} \rightarrow 200\text{mA}$		30		mA
$V_{\text{HS-DIODE}}$	整流器が半同期モードの場合のハイサイド ダイオードの降下	$I_{\text{AC-VRECT}} = 250\text{mA}$ および $T_J = 25^{\circ}\text{C}$		0.7		V
<b>EN1 および EN2</b>						
$V_{\text{IL}}$	EN1 および N2 入力 Low スレッショルド				0.4	V
$V_{\text{IH}}$	EN1 および N2 入力 High スレッショルド		1.3			V
$R_{\text{PD}}$	EN1 と EN2 のプルダウン抵抗			200		k $\Omega$
<b>ADC (WPC 関連の測定値と係数)</b>						
IOUT センス	負荷範囲における電流センスの精度	$I_{\text{OUT}} = 750\text{mA} - 1000\text{mA}$	-1.5%	0%	0.9%	

## 7.6 代表的特性



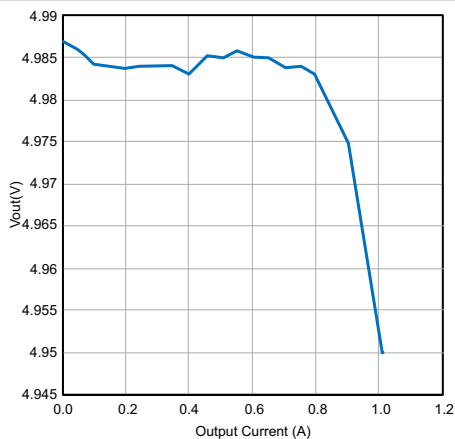
入力:RX AC 電源      出力:RX RECT 電源  
効率:出力電力/入力電力

図 7-1. 整流器の効率



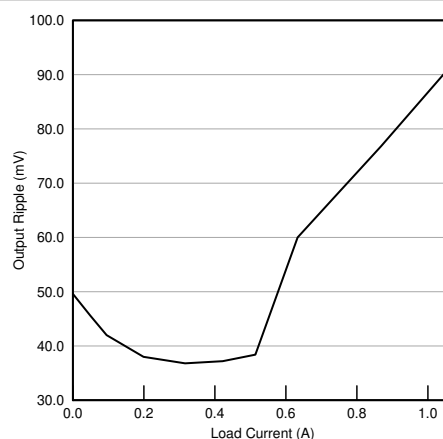
入力:TX DC 電源      出力:RX RECT 電源  
効率:出力電力/入力電力

図 7-2. DC 入力から DC 出力までのシステム効率



最大電流 = 1A

図 7-3. 負荷電流が出力電圧に与える影響



$C_{OUT} = 1\mu f$

通信なし

図 7-4. 負荷電流が出力リップルに与える影響

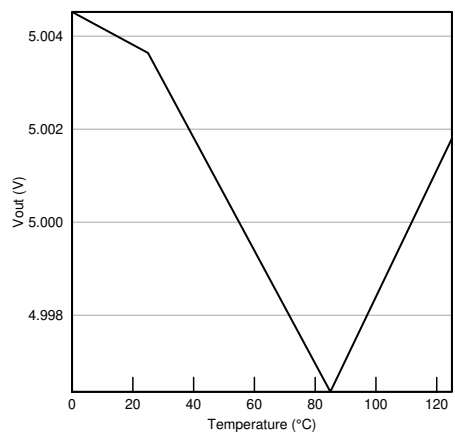


図 7-5.  $V_{OUT}$  と温度との関係

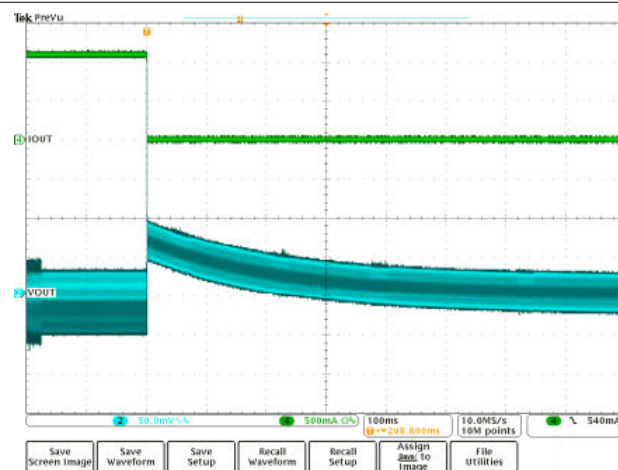


図 7-6. 1-A 瞬間負荷ダンプ (2)

## 7.6 代表的特性 (続き)

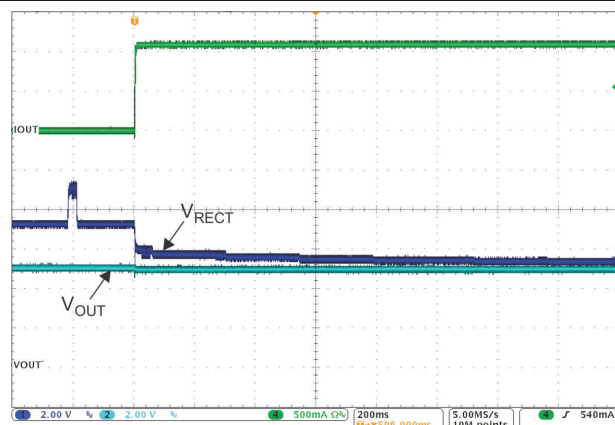


図 7-7. 1-A 負荷ステップフルシステム応答

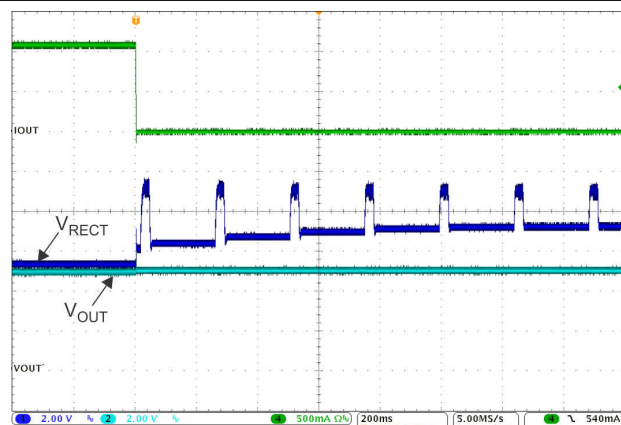


図 7-8. 1-A 負荷ダンプフルシステム応答

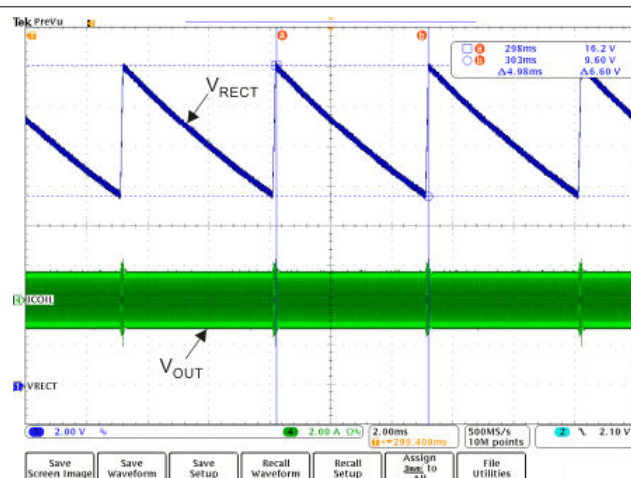
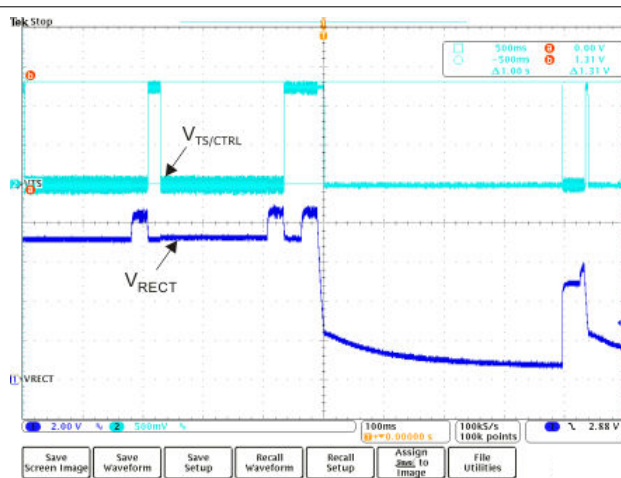
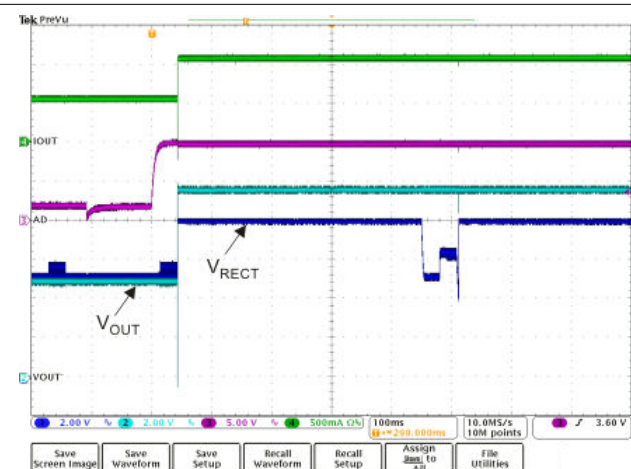
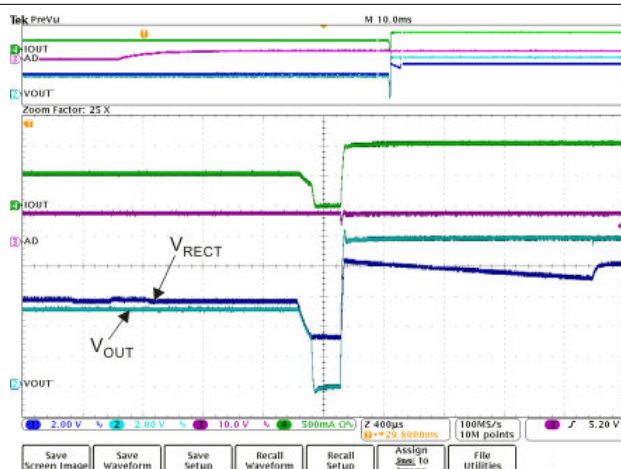
図 7-9. 整流器過電圧クランプ ( $f_{op} = 110\text{kHz}$ )

図 7-10. TS フォルト

図 7-11. アダプタ挿入 ( $V_{AD} = 10\text{V}$ )図 7-12. アダプタ挿入 ( $V_{AD} = 10\text{V}$ ) Break-Before-Make 動作の説明

## 7.6 代表的特性 (続き)

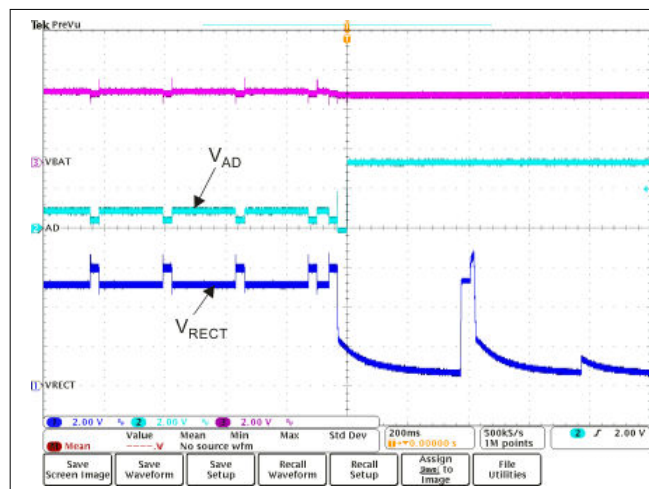


図 7-13. On-the-Go 有効 ( $V_{OTG} = 3.5V$ ) (3)

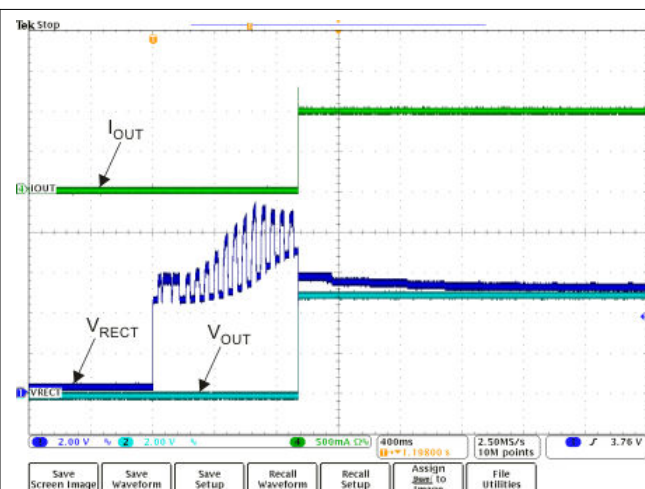


図 7-14. BQ51013C 1A システム負荷での典型的な起動

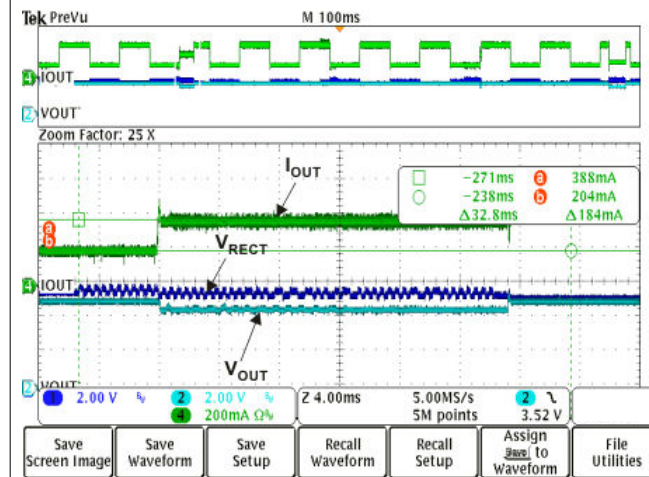


図 7-15. 400mA の電流制限が有効な適応型通信制限イベント ( $I_{OUT-DC} < 300mA$ )

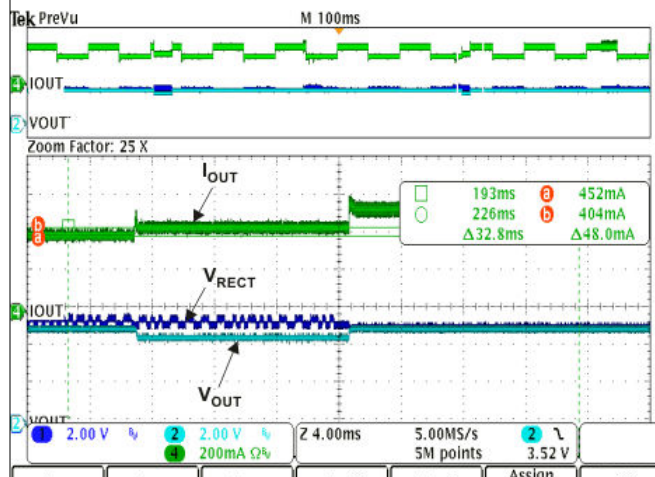
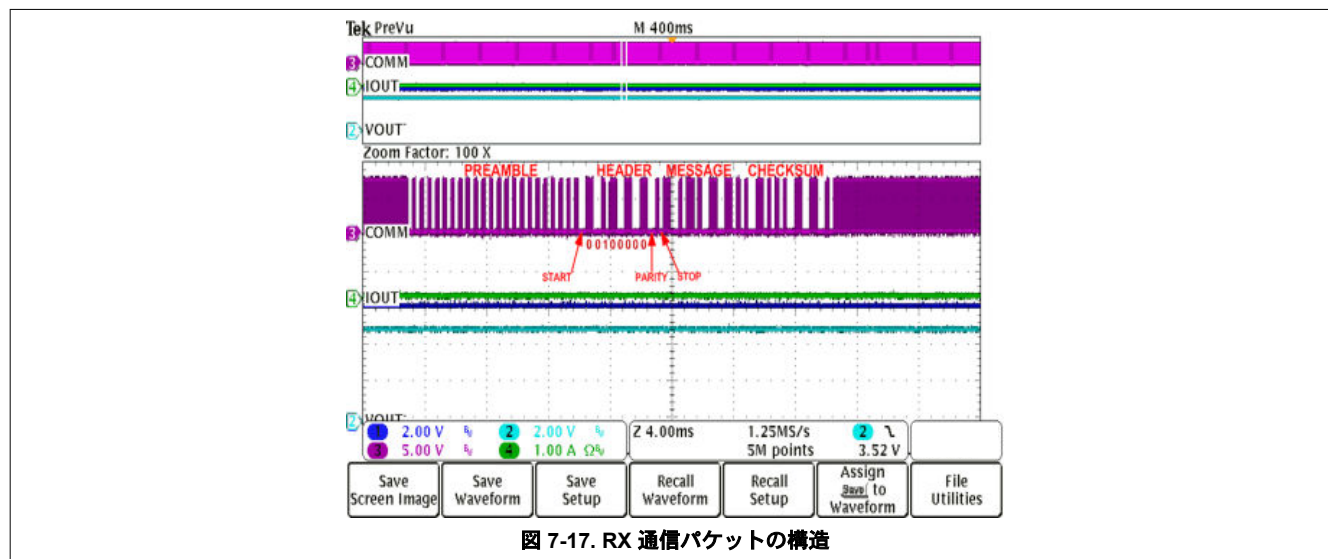


図 7-16. 電流制限が  $I_{OUT} + 50mA$  ( $I_{OUT-DC} > 300mA$ ) である適応型通信制限イベント



## 7.6 代表的特性 (続き)



1. トランスミッタの DC 入力からレシーバの DC 出力までの効率を測定します。これらの測定には BQ500210EVM-689 TX が使用されました。代替 TX が使用される場合、測定値は変化する可能性があります。
2. 出力時に発生する合計ドロップは、レシーバ コイルの設計に依存します。整流器が 5 V 未満で破壊されないように、出力インピーダンスは特定の動作周波数で十分に低くなければなりません。
3. EN1 を High に駆動すると、On-the-Go モードが有効になります。このテストでは、外部 PMOS が BQ51013C デバイスの出力と AD ピンの間に接続されるため、出力上のすべての電圧源が AD ピンに供給されます。

## 8 詳細説明

### 8.1 概要

無線システムは、充電パッド (トランスミッタ、TX または一次側) と二次側機器 (レシーバ、RX または二次側) で構成されます。充電パッドと二次側機器にはコイルがあり、二次側機器を一次側機器の上に置くと磁氣的に結合します。次に、電力は結合インダクタ (実質的には空芯トランス) を介してトランスミッタからレシーバに転送されます。伝送電力の量を制御するには、フィードバック (エラー信号) 通信を一次側に送信します (電力を増加または減少させます)。

レシーバは、トランスミッタから認識される負荷を変更することで、トランスミッタと通信します。この負荷変動により送信コイル電流が変化し、充電パッドのプロセッサによって測定され、解釈されます。通信はデジタルで行われ、パケットはレシーバからトランスミッタに転送されます。パケットには差動二相エンコーディングが使用されます。ビット レートは 2kbps です。

さまざまな種類の通信パケットが定義されています。その中には、識別パケットおよび認証パケット、エラー パケット、制御パケット、給電終了パケット、電力使用量パケットなどがあります。

トランスミッタコイルはほとんどの場合電源がオフの状態です。レシーバが存在するかどうかを確認するために、時々ウェイク アップします。レシーバがトランスミッタに対して認証されると、トランスミッタの電源はオンのままになります。レシーバは通信パケットを使用して電力伝送を完全に制御します。

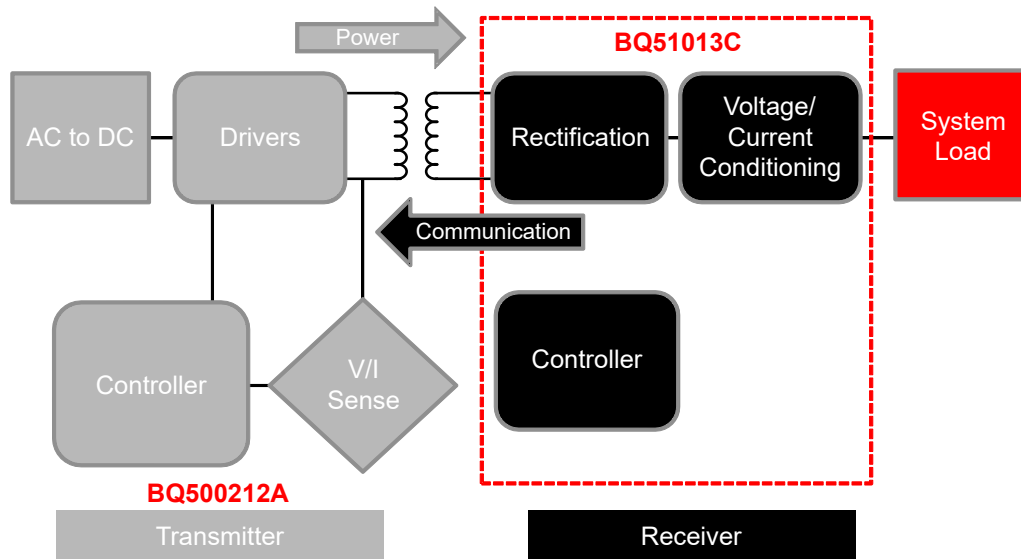
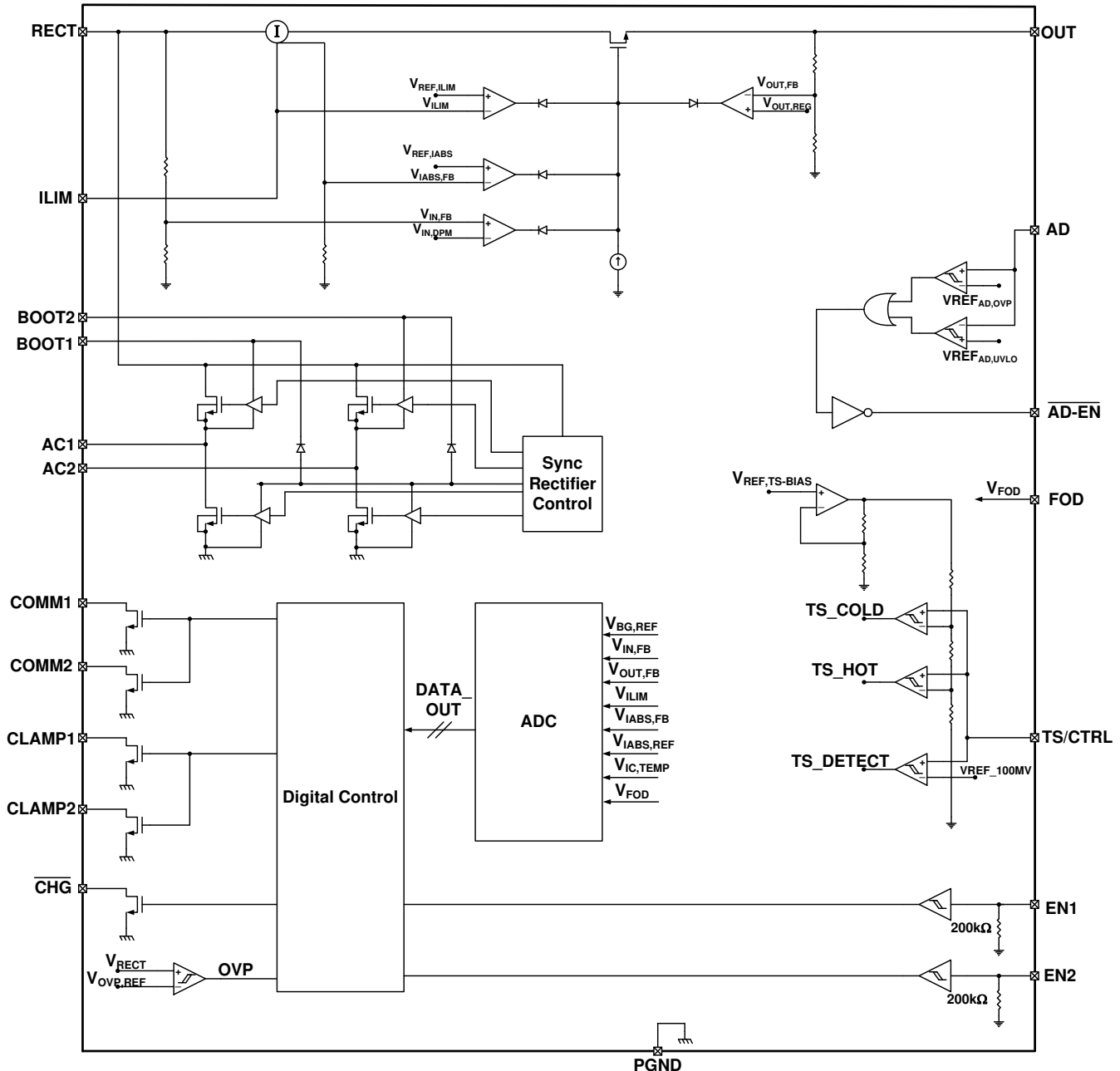


図 8-1. BQ51013C の機能統合を示す WPC 無線電源システム

## 8.2 機能ブロック図



## 8.3 機能説明

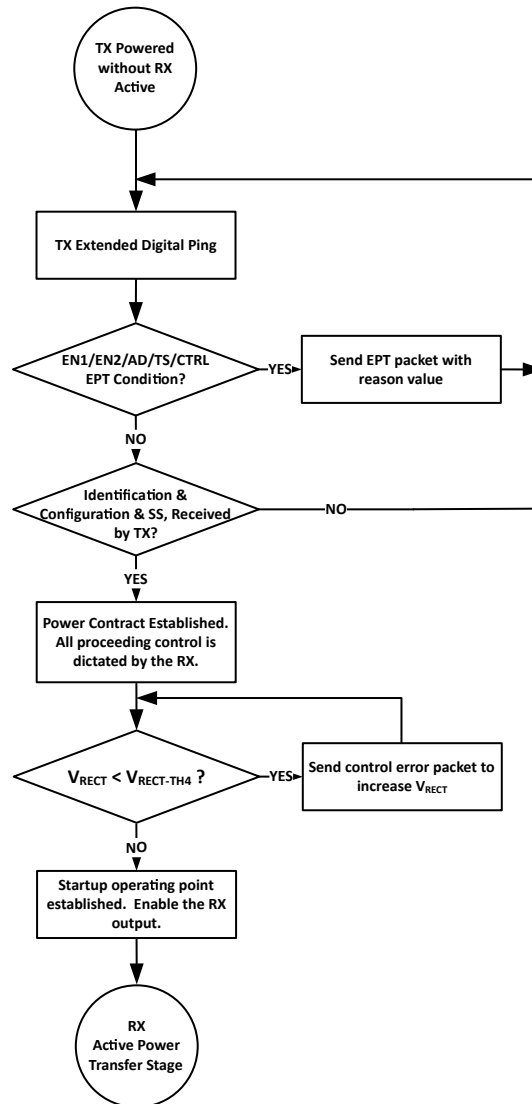
### 8.3.1 Qi ワイヤレス給電システムと BQ51013C 電力伝送フロー図の詳細

BQ51013C は、受信機的设计を合理化するために、完全準拠の WPC v1.3 通信アルゴリズムを統合しています (追加のソフトウェア開発は不要)。このセクションでは、起動からアクティブ動作までのワイヤレス給電フロー図を示しながら、これらの機能の概要を説明します。

起動動作中、ワイヤレス電力レシーバは、TX から電力契約を付与されるために適切なハンドシェイクに準拠する必要があります。TX は、拡張デジタル Ping を提供してハンドシェイクを開始します。TX サーフェス上に RX が存在する場合、RX は信号強度、構成、および識別パケットを TX に提供します (各パケットの詳細については、WPC 仕様のボリューム 1 を参照してください)。これらは TX に送信された最初の 3 つのパケットです。唯一の例外は、EN1/EN2、AD、または



TS/CTRL ピンに真のシャットダウン状態が発生し、RX が TX を直ちにシャットダウンする場合があります。詳しくは、表 8-3 を参照してください。TX が信号強度、構成、識別パケットを正常に受信すると、RX に電力契約が付与され、電力伝送の動作ポイントを制御できるようになります。起動フロー図の詳細については、図 8-2 を参照してください。



**図 8-2. ワイヤレス パワー起動フロー図**

起動手順が確立されると、RX はアクティブな電力伝送段階に入ります。これは動作の「メイン ループ」と見なされます。RX はこれらのターゲットに収束するために制御エラー パケットを送信します。出力電流が変化すると、整流器の電圧ターゲットも動的に変化します。WPC システムのフィードバック ループは比較的遅く、新しい整流器電圧ターゲットに収束するまでに最大 90 ミリ秒かかる場合があります。システムの瞬間的な過渡応答はオープン ループであり、その動作ポイントにおける RX コイルの出力インピーダンスに依存することを理解する必要があります。「メイン ループ」は、電力伝送を中止するために表 8-3 内のいずれかの条件が真であるかどうかを判断します。アクティブ電力伝送ループを示す図 8-3 を参照してください。

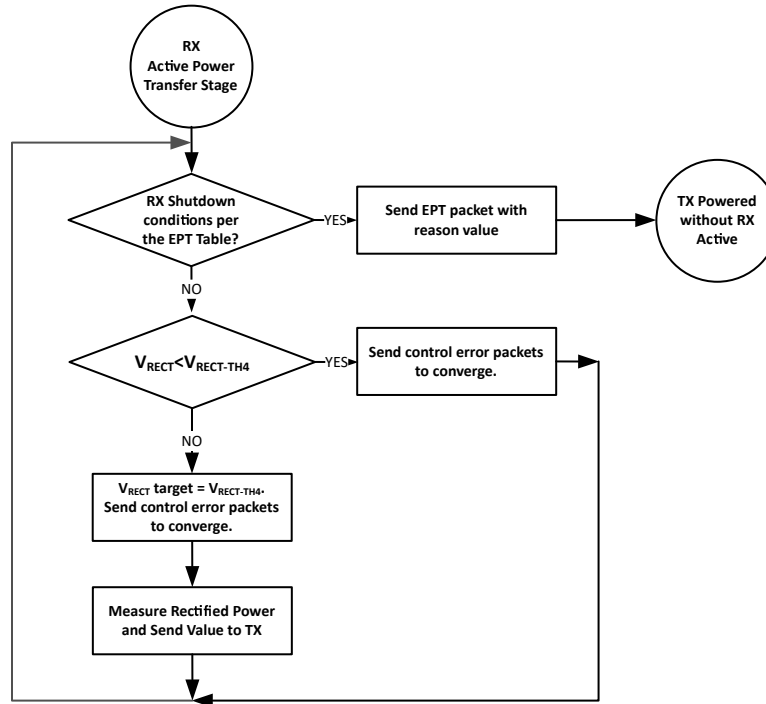


図 8-3. アクティブ電力伝送フロー図

WPC v1.3 仕様のもう一つの要件は、測定された受信電力を送信することです。このタスクは、出力電流に比例し、FOD ピンの接地抵抗の選択に基づいてスケーリングできる FOD ピンの電圧を測定することによってデバイス上で有効になります。

### 8.3.2 $R_{ILIM}$ の計算

BQ51013C には、アナログ電流調整ループによるハードウェア過電流保護機能が含まれています。ハードウェア電流制限は、最大許容出力電流（電流コンプライアンス）をクランプすることで、より高いレベルの安全性を実現します。合計  $R_{ILIM}$  抵抗の計算は次のとおりです。

$$R_{ILIM} = \frac{K_{IMAX}}{I_{MAX}}$$

$$I_{ILIM} = 1.2 \times I_{MAX} = \frac{K_{ILIM}}{R_{ILIM}}$$

$$R_{ILIM} = R_1 + R_{FOD} \quad (1)$$

ここで、

- $I_{MAX}$  は、通常動作時の予想される最大出力電流です。
- $I_{ILIM}$  はハードウェアの過電流制限です。

図 9-1 に示すアプリケーション図を参照すると、 $R_{ILIM}$  は  $R_{FOD}$  と  $R_1$  ( $ILIM$  ピンから GND までの合計抵抗) の合計です。

### 8.3.3 入力過電圧

入力電圧の電位が突然上昇した場合（たとえば、充電パッド上のデバイスの位置の変化など）、BQ51013C 内部の電圧制御ループがアクティブになり、出力が  $V_{OUT-REG}$  を超えるのを防ぎます。その後、レシーバは入力電圧が  $V_{RECT-REG}$  タ

ーゲットに戻るまで 30ms ごとにエラー パケットをトランスミッタに送り返し、その後 250ms ごとにエラー通信を維持します。

入力電圧が  $V_{RECT-OVP}$  を超えて電位が上昇すると、デバイスは LDO をオフにし、一次側と通信して電圧を  $V_{RECT-REG}$  に戻します。さらに、 $C_{CLAMP1}$  および  $C_{CLAMP2}$  によって独自の電圧保護回路が起動し、デバイスの最大定格を超える電圧からデバイスを保護します。

### 8.3.4 アダプタ有効化機能と EN1/EN2 制御

図 9-4 は、ダウンシステムの電子機器に有線電源または無線電源を多重化して供給できるワイヤレス電力レシーバとして使用される BQ51013C を示すサンプル アプリケーションです。デフォルトの動作モードでは、ピン EN1 と EN2 が低くなり、アダプタの有効化機能がアクティブになります。このモードでは、アダプタが存在しない場合は AD ピンが低くなり、 $\overline{AD-EN}$  ピンが OUT ピンと AD ピンの高い方にプルアップされて、OUT ピンと AD ピン間の PMOS がオフになります。アダプタが接続され、AD ピンの電圧が  $V_{AD-EN}$  を超えると、ワイヤレス充電は無効になり、 $\overline{AD-EN}$  ピンは AD ピンより約  $V_{AD}$  低く引き下げられ、AD が二次側充電器に接続されます。AD と  $\overline{AD-EN}$  の差は、外部 PMOS の  $V_{GS}$  が保護されるように、最大  $V_{AD-Diff}$  に制限されます。

EN1 ピンと EN2 ピンには内部プルダウン抵抗 ( $R_{PD}$ ) が含まれているため、これらのピンが接続されていない場合、BQ51013C はデフォルトで  $\overline{AD-EN}$  制御モードになります。ただし、これらのピンを High にプルアップして他の動作モードを有効にすることができます。ピンが High にプルアップされるか、ドライバによって制御され、約 8V を超える高速過渡 (>10V/10ns) の影響を受ける場合は、ピンと直列に電流制限抵抗 (1k ~ 10k $\Omega$ ) を追加することをお勧めします。表 8-1 を参照してください。

表 8-1. アダプタ有効化機能

EN1	EN2	結果
0	0	アダプタ制御が有効です。アダプタが存在する場合、二次側充電器はアダプタによって電源が供給されます。そうでない場合、ワイヤレス電源が利用可能ときにワイヤレス充電が有効になります。通信電流制限が有効になっています。
0	1	通信電流制限を無効にします。
1	0	アダプタ電圧の有無にかかわらず、 $\overline{AD-EN}$ は Low に引き下げられます。この機能は、USB OTG アプリケーションに使用できます。
1	1	アダプタとワイヤレス充電は無効になっており、このモードでは OUT ピンから電力が供給されません。

表 8-2. EN1/EN2 制御

EN1	EN2	無線電源	有線電源	OTG モード	適応型通信制限	EPT
0	0	イネーブル	優先度 <sup>(1)</sup>	ディセーブル	イネーブル	TX に送信されません
0	1	優先度 <sup>(1)</sup>	イネーブル	ディセーブル	ディセーブル	TX に送信されません
1	0	ディセーブル	イネーブル	有効 <sup>(2)</sup>	該当なし	EPT 0x00、不明
1	1	ディセーブル	ディセーブル	ディセーブル	該当なし	EPT 0x01、充電完了

(1) 有線電源と無線電源の両方が存在する場合、EN2 に基づいて有線または無線が優先されます。

(2) 外部のバック ツー バック PMOS FET を介して、RX の出力端子からアダプタ ポートへのブースト バック電源を駆動できます。

表 8-2 で説明されているように、EN1 が低い場合、有線電源と無線電源の両方が使用可能です。両方存在する場合、EN2 によって有線と無線の優先度が設定されます。EN1 が High の場合、無線電源は無効になり、有線電源機能が EN2 によって設定されます。EN1 が High で EN2 が Low の場合、有線電源が存在する場合は有効になります。さらに、USB OTG モードがアクティブになります。USB OTG モードでは、OUT ピンに接続された充電器から AD ピンに電力を供給できます。EN1 はアクティブ ソース (マイクロ コントローラ) から High にプルアップする必要があることに注意してください。最後に、EN1 と EN2 の両方を High にすると、有線充電と無線充電の両方が無効になります。

---

### 注

双方向の電圧がブロックされるように、AD と OUT の間に背中合わせの PMOS を接続する必要があります。  
また、AD モードが有効になっている場合、BQ51013C の内部デバイスに過電圧が発生する可能性があるため、RECT ピンから負荷を引き出すことはできません。

---

### 8.3.5 End Power Transfer (電力伝送終了) パケット (WPC ヘッダ 0x02)

WPC は、レシーバがトランスミッタからの電力転送を終了するための End Power Transfer (EPT) パケットと呼ばれる特別なコマンドを許可します。表 8-3 は、v1.3 MESSAGE 列とそれに対応するデータ フィールド値を指定します。条件列は、BQ51013C が同等のメッセージを送信するために使用する方法に対応しています。

表 8-3. End Power Transfer パケット

メッセージ	値	条件
不明	0x00	$AD > V_{AD-Pres}$ 、または $\langle EN1\ EN2 \rangle = \langle 10 \rangle$ 、または $TS/CTRL > V_{CTRL-High}$ 、または $TS > V_{COLD}$
充電が完了しました	0x01	$\langle EN1\ EN2 \rangle = \langle 11 \rangle$
内部故障	0x02	$T_J > 150^{\circ}\text{C}$ または $R_{ILIM} < 100\Omega$
過熱	0x03	$TS < V_{HOT}$ 、または $TS/CTRL < V_{CTRL-Low}$
過電圧	0x04	$V_{RECT}$ ターゲットが収束しません
過電流	0x05	未送信
バッテリー障害	0x06	未送信
再構成	0x07	未送信
応答なし	0x08	未送信

### 8.3.6 ステータス出力

BQ51013C には、ステータス出力  $\overline{\text{CHG}}$  が 1 つあります。この出力は、定格 20V のオープンドレイン NMOS デバイスです。 $\overline{\text{CHG}}$  ピンに接続されたオープンドレイン FET は、電源の出力が有効になるたびにオンになります。 $V_{RECT-REG}$  が無負荷ターゲット電圧に収束しない場合は、電源の出力は有効になりません。

### 8.3.7 WPC 通信方式

WPC 通信では、「バックスキヤッタ変調」と呼ばれる変調技術が使用されます。この変調技術では、レシーバ コイルに動的に負荷がかかり、送信コイルの電圧と電流の振幅変調が行われます。この方式は、2 つの緩く結合されたインダクタ (ここでは TX コイルと RX コイル) 間の基本的な動作により可能になります。このタイプの変調は、整流器の出力で抵抗器を切り替えることによって、または AC1/AC2 ネット全体でコンデンサを切り替えることによって実現できます。図 8-4 に、抵抗性変調を実装する方法を示します。

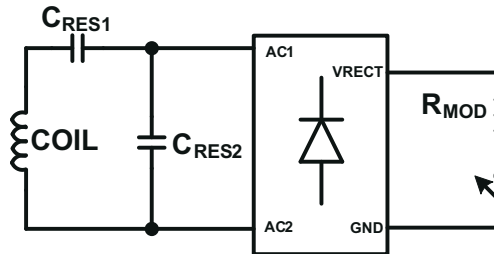


図 8-4. 抵抗性変調

図 8-5 に、静電容量性変調を実装する方法を示します。

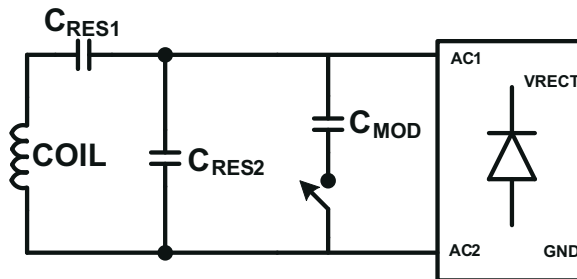


図 8-5. 容量性変調

TX コイルの電圧または電流の振幅の変化は、トランスミッタのデコーダによって検出できます。TX によって観測された結果の信号を 図 8-6 に示します。

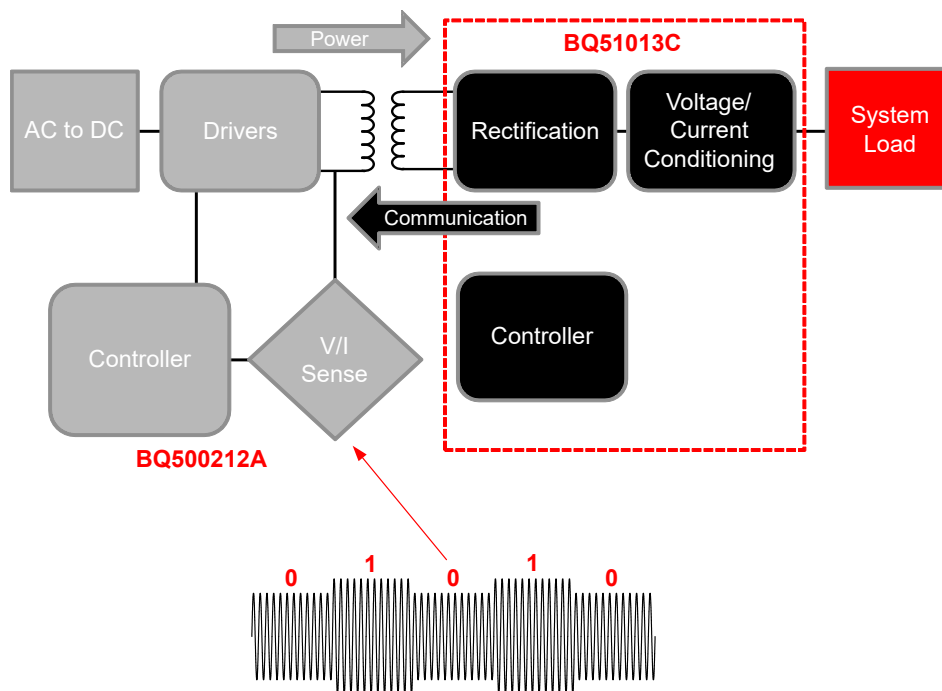


図 8-6. TX コイルの電圧/電流

WPC プロトコルは、差動二相エンコーディング方式を使用して、データビットを TX コイルの電圧/電流に変調します。各データビットは、 $0.5\text{ms}$  ( $t_{\text{CLK}}$ ) または  $2\text{kHz}$  の全周期で整列します。エンコードされた 1 はビット期間中に 2 回の遷移を引き起こし、エンコードされた 0 は 1 回の遷移を引き起こします。差動双位相エンコーディングの例については、図 8-7 を参照してください。

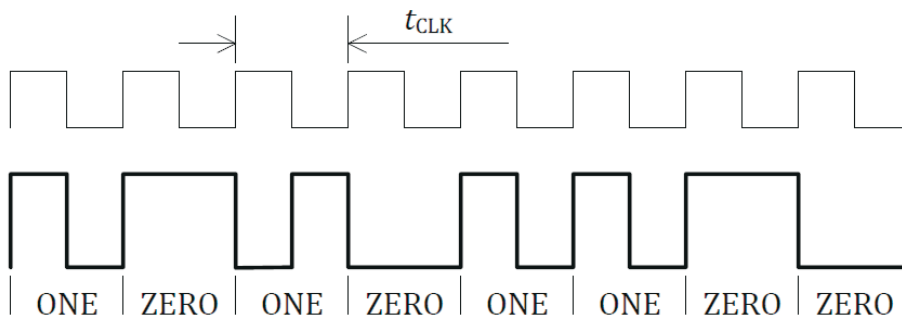


図 8-7. 差動双相エンコード方式 (WPC ボリューム 1 : 低消費電力、パート 1 インターフェイス定義)

ビットは LSB から送信され、パケットの各部分に 11 ビットの非同期シリアル形式が使用されます。これには、1 つのスタートビット、n 個のデータバイト、パリティビット、および 1 つのストップビットが含まれます。スタートビットは常に 0 で、パリティビットは奇数です。ストップビットは常に 1 です。図 8-8 に、非同期シリアル形式の詳細を示します。

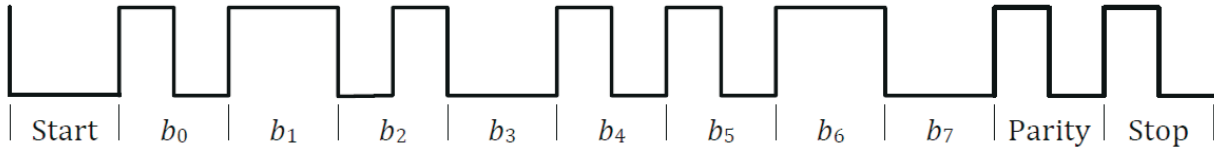


図 8-8. 非同期シリアル形式 (WPC ボリューム 1 : 低消費電力、パート 1 インターフェイス定義)

各パケット形式は、図 8-9 に示すように構成されます。



図 8-9. パケット形式 (WPC ボリューム 1 : 低消費電力、パート 1 インターフェイス定義)

図 7-17 は、整流された電力パケット (ヘッダ 0x04) を送信するレシーバの波形の例を示しています。

### 8.3.8 通信変調器

BQ51013C デバイスには、ピン COMM1 と COMM2 に接続された 2 つの同一の統合通信 FET が搭載されています。これらの FET は、二次側負荷電流を変調するために使用され、BQ51013C がエラー制御および構成情報をトランスミッタに伝達できるようにします。図 8-10 は、COMMx ピンを抵抗負荷変調に使用する方法を示しています。各 COMMx ピンは最大  $24\Omega$  の通信抵抗を処理できます。したがって、 $12\Omega \sim 24\Omega$  の COMMx 抵抗が必要な場合は、COMM1 ピンと COMM2 ピンを並列に接続する必要があります。BQ51013C デバイスは、 $12\Omega$  未満の COMMx 抵抗をサポートしません。

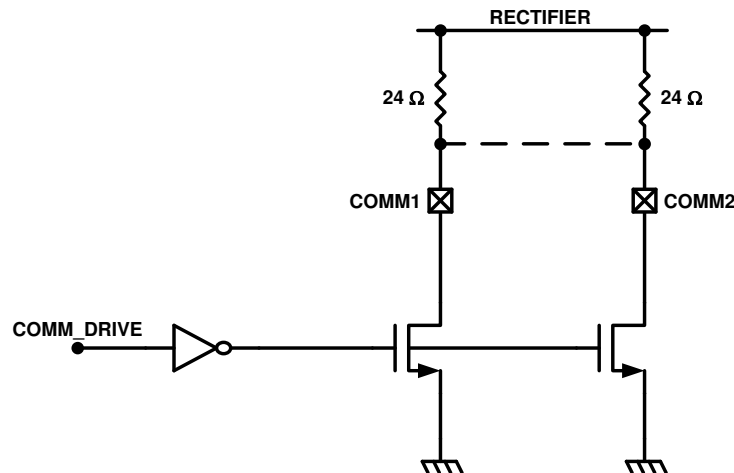


図 8-10. 抵抗負荷変調

BQ51013C は、抵抗性負荷変調に加えて、図 8-11 に示すように容量性負荷変調も可能です。この場合、COMM1 から AC1 へ、COMM2 から AC2 へコンデンサが接続されます。COMMx スイッチが閉じている場合、AC1 と AC2 の間に  $22\text{nF}$  のコンデンサが実質的に接続されます。AC1 と AC2 の間にコンデンサを接続すると、コイルから見たインピーダンスが調整され、一次側に電流の変化として反映されます。



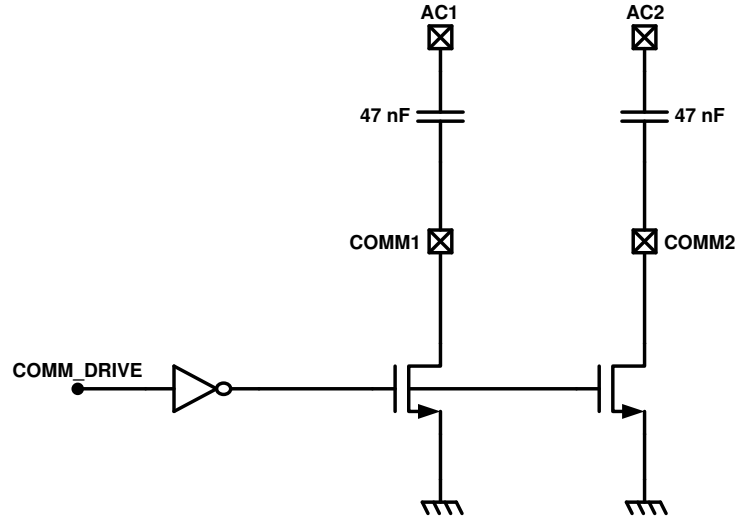


図 8-11. 容量性負荷変調

### 8.3.9 適応型通信制限

Qi 通信チャネルは、前のセクションで説明したように、バックスキット変調によって確立されます。このタイプの変調は、RX コイルと TX コイル間の疎結合インダクタ関係を利用します。基本的に、通信コンデンサまたは抵抗器のオン/オフを切り替えることで、RX コイルに過渡負荷が追加され、TX コイルの電圧と電流の波形が変調されます (振幅変調)。この技術を適用した結果、モバイル デバイスからの負荷過渡現象 (負荷電流ノイズ) は同じシグネチャを持つことになります。通信チャネルにノイズ耐性を持たせるには、出力負荷過渡現象を RX コイルから分離する必要があります。独自の機能である適応型通信制限は、レギュレータの電流制限を動的に調整することでこれを実現します。レギュレータが電流制限状態になると、負荷の過渡現象はシステム内のバッテリーにオフロードされます。

この場合、バッテリー充電デバイスに入力電圧調整機能 (弱アダプタ モード) が必要であることに注意してください。レギュレータの電流制限を超える過渡現象が発生した場合、RX の出力は弱い電源として表示されます。

適応型通信制限機能には 2 つの電流制限モードがあり、詳細は 表 8-4 に記載されています。

表 8-4. 適応型通信制限

$I_{OUT}$	通信電流の制限
300mA 未満	固定 400mA
300mA 超	$I_{OUT} + 50mA$

最初のモードを 図 7-15 に示します。このグラフでは、200mA の DC 電流レベルで 300mA の出力負荷パルスが定期的に導入されています。したがって、400mA の電流制限が有効になります。V<sub>RECT</sub> のパルスは、通信パケット イベントが発生していることを示します。出力負荷パルスが発生すると、レギュレータはパルスを一定の 400mA に制限し、通信を維持します。V<sub>OUT</sub> が GND ではなく 4.5V に低下することに注意してください。入力電圧調整が 4.5V に設定された充電デバイスでは、負荷過渡サポートをモバイル デバイスのバッテリーにオフロードすることでこれを実現できます。

2 番目のモードを 図 7-16 に示します。このグラフでは、400mA の DC 電流レベルで 200mA の出力パルスが定期的に導入されています。したがって、トラッキング電流モード ( $I_{OUT} + 50mA$ ) が有効になります。このモードでは、BQ51013C はアクティブな出力電流を測定し、レギュレータの電流制限をこの測定値より 50mA 上に設定します。通信パケット イベント中に負荷パルスが発生すると、出力電流は 450mA に調整されます。通信パケット イベントが終了すると、出力負荷の増加が許可されます。レギュレータが電流制限状態にある間、V<sub>OUT</sub> は 4.5V に低下し、電流制限状態でないときは 5V に低下することに注意してください。



### 8.3.10 同期整流

BQ51013C は、高効率の AC から DC への電力変換を可能にする統合型自己駆動同期整流器を提供します。整流器は、同期整流器が無効のときにダイオードのバックゲートが整流器として機能するように構成された、すべて NMOS H ブリッジドライバで構成されています。WPC システムの初期起動時には、同期整流器は有効になっていません。この動作ポイントでは、DC 整流器電圧はダイオード整流器によって提供されます。 $V_{RECT}$  が  $V_{UVLO}$  を超えると、負荷電流が  $I_{BAT-SR}$  を超えるまで半同期モードが有効になります。 $I_{BAT-SR}$  を超えると、負荷電流がヒステリシスレベル ( $I_{BAT-SRH}$ ) を下回るまで完全同期整流器は有効なままになり、半同期モードが再度有効になります。

### 8.3.11 温度センス抵抗ネットワーク (TS)

BQ51013C にはレシオメトリックな外部温度検出機能が搭載されています。温度検出機能には、高温および低温状態を示す 2 つのレシオメトリック スレッショルドがあります。レシーバ製品の安全な動作条件を確保するために、外部温度センサの使用を推奨します。このピンは、エンド ユーザーが触れる可能性のある表面を監視する場合に最適です (NTC 抵抗を、ユーザーが最終製品に物理的に接触する場所に最も近い位置に配置します)。

図 8-12 では、指定された  $V_{HOT}$  および  $V_{COLD}$  スレッショルドで任意の NTC 抵抗を使用できます。

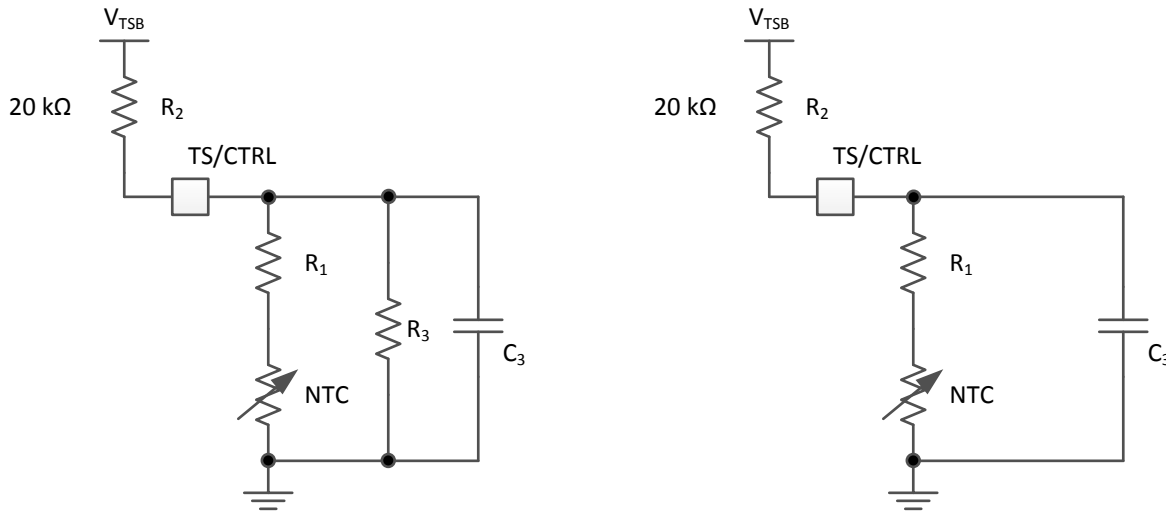


図 8-12. 無線レシーバ電源の安全な動作のための NTC 回路オプション

抵抗  $R_1$  と  $R_3$  は、必要な温度スレッショルドで連立方程式を解くことによって得られます。2 つの式を次に示します。

$$\begin{aligned} \%V_{COLD} &= \frac{\left( \frac{R_3 (R_{NTC|TCOLD} + R_1)}{R_3 + (R_{NTC|TCOLD} + R_1)} \right)}{\left( \frac{R_3 (R_{NTC|TCOLD} + R_1)}{R_3 + (R_{NTC|TCOLD} + R_1)} \right) + R_2} \times 100 \\ \%V_{HOT} &= \frac{\left( \frac{R_3 (R_{NTC|THOT} + R_1)}{R_3 + (R_{NTC|THOT} + R_1)} \right)}{\left( \frac{R_3 (R_{NTC|THOT} + R_1)}{R_3 + (R_{NTC|THOT} + R_1)} \right) + R_2} \times 100 \end{aligned} \quad (2)$$

ここで

$$R_{NTC|TCOLD} = R_0 e^{\beta \left( \frac{1}{TCOLD} - \frac{1}{T_0} \right)}$$

$$R_{NTC|THOT} = R_0 e^{\beta \left( \frac{1}{THOT} - \frac{1}{T_0} \right)}$$
(3)

ここで、

- $T_{COLD}$  と  $T_{HOT}$  は必要な温度スレッショルド (ケルビン) です。
- $R_0$  は公称抵抗です。
- $\beta$  は NTC 抵抗の温度係数です。

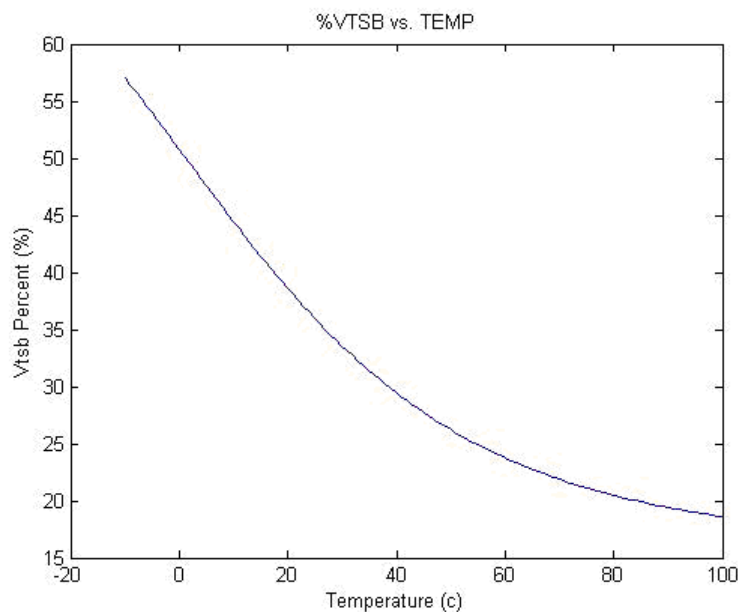
$R_2$  は 20k $\Omega$  で固定です。次に、ソリューションの例を示します。

- $R_1 = 4.23 \text{ k}\Omega$
- $R_3 = 66.8 \text{ k}\Omega$

選択したパラメータは次のとおりです。

- $\%V_{HOT} = 19.6\%$
- $\%V_{COLD} = 58.7\%$
- $T_{COLD} = -10^\circ\text{C}$
- $T_{HOT} = 100^\circ\text{C}$
- $\beta = 3380$
- $R_0 = 10 \text{ k}\Omega$

$V_{TSB}$  の割合と温度の関係を示すグラフを [図 8-13](#) に示します。



**図 8-13.  $R_0 = 10\text{k}\Omega$ 、 $\beta = 3380$  の NTC 抵抗の解例**

TS 状態を測定するために使用される周期的なバイアス方式を [図 8-14](#) に示します。内部  $TS\_READ$  信号は、TS バイアス電圧 ( $V_{TS-Bias}$ ) を 24ms の間有効にします。この期間中、TS コンパレータが読み取られ ( $t_{TS}$  デグリッチを使用)、温度測定に基づいて適切なアクションが実行されます。この 24ms が経過すると、 $TS\_READ$  信号が Low になり、TS/CTRL ピンがハイインピーダンスになります。次の 35 ミリ秒 (優先パケット期間) または 235 ミリ秒 (標準パケット期間) の間に、TS 電圧が監視され、 $V_{CTRL-HI}$  と比較されます。TS 電圧が  $V_{CTRL-HI}$  より大きい場合、二次側デバイスが TS/CTRL ピンを駆動しており、CTRL = '1' が検出されます。

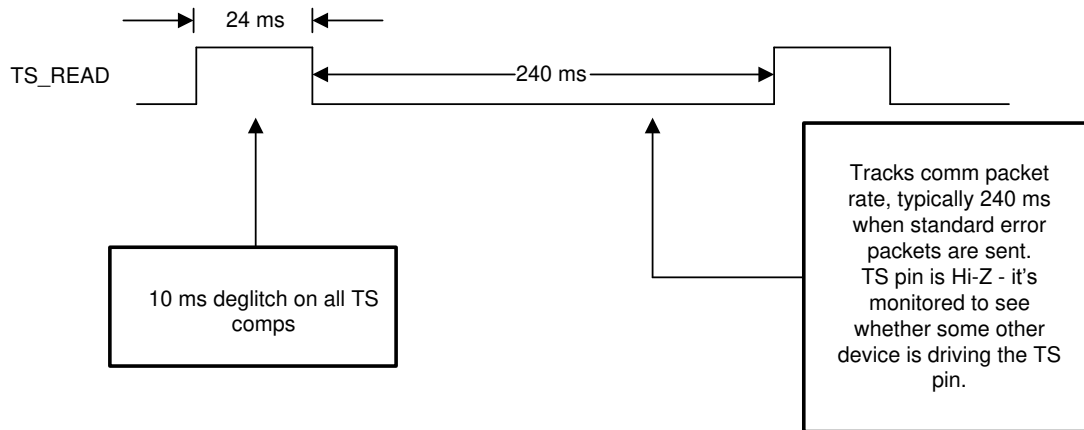


図 8-14. TS 検出回路のタイミング図

### 8.3.12 TS/CTRL ピンの 3 ステート ドライバの推奨事項

TS/CTRL ピンは、1 つの 3 ステートドライバ インターフェイスで 3 つの機能を提供します。

- NTC 温度監視
- 過熱故障
- End Power Transfer (電力伝送終了) 0x00 (EPT 不明)

3 ステートドライバは、図 8-15 の回路と 2 つの GPIO 接続を使用して実装できます。M3 と M4 および両方の抵抗器は外付け部品です。

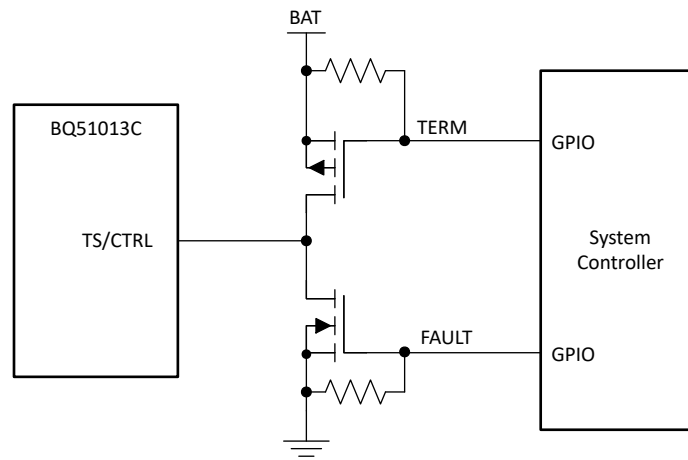


図 8-15. TS/CTRL 用 3 ステート ドライバ

**TERM** 信号と **FAULT** 信号は 2 つの GPIO によって提供されることに注意してください。表 8-5 の回路の真理値表は次のようになります。

表 8-5. 真理値表

用語	フォルト	F (結果)
1	0	ハイ インピーダンス モード
0	0	End Power Transfer (電力伝送終了) 0x00
1	1	End Power Transfer (電力伝送終了) 0x03

デフォルト設定は TERM / FAULT = 1/0 です。この状態では、TS-CTRL ネットはハイ インピーダンス (high-z) となり、NTC 機能が動作して通常動作が可能になります。TERM/FAULT = 1/1 の場合、TS-CTRL ピンは GND にプルダウンされ、RX はシャットダウンされ、End Power Transfer Over Temperature (温度超過による電力伝送終了) が TX に送信されます。TERM/FAULT = 0/0 の場合、TS-CTRL ピンはバッテリーに接続され、RX はシャットダウンされ、End Power Transfer Unknown (電力伝送終了不明) が TX に送信されます。

### 8.3.13 過熱保護

BQ51013C にはサーマル シャットダウン保護機能が搭載されています。ダイ温度が  $T_{J-SD}$  に達すると、それ以上の電力消費を防ぐために LDO がオフになります。この場合、BQ51013C は内部故障 (0x02) の EPT メッセージを送信します。温度が  $T_{J-Hys}$  より  $T_{J-SD}$  以下に下がると、動作を継続できます。

### 8.3.14 WPC v1.3 準拠 – 異物検出機能

異物による温度上昇を制限する方法の一つとして、電力トランスミッタがインターフェイス全体の電力損失を監視できるようにするために、BQ51013C は受信電力を電力トランスミッタに報告します。受信電力は、電力レシーバの出力から得られる電力と、その出力電力を生成する際に失われる電力 (二次コイルおよび直列共振コンデンサでの電力損失、電力レシーバのシールドでの電力損失、整流器での電力損失) の合計になります。これは、BQ51013C が既知の精度で受信電力情報をトランスミッタに送信することを意味します。

WPC 認証を取得するには、テスト対象デバイス (DUT) が、送信電力がキャリブレーションされたリファレンストランスミッタでテストされ、レシーバは次のような受信電力を送信する必要があります。

$$0 > (TX\ PWR)_{REF} - (RX\ PWR\ out)_{DUT} > -375\ mW \quad (4)$$

この 375mW バイアスにより、システムの相互運用性が維持されます。

WPC トランスミッタは、リファレンス レシーバを使用してリファレンスとなる異物を検出できるかどうかをテストします。

## 8.4 デバイスの機能モード

BQ51013C の動作モードについては [セクション 8.3](#) に記載されています。BQ51013C には複数の機能モードがあります。起動とは、レシーバ (BQ51013C 回路) とトランスミッタの間の初期の電力伝送と通信のことを指します。電力伝送とは、TX と RX が通信し、TX から RX に電力が供給されている時間のことです。RX が TX から取り外されたとき、TX から電源が取り外されたとき、または RX が電力伝送の終了を要求したときに、電力伝送の終了が発生します。

## 9 アプリケーションと実装

### 注

以下のアプリケーション情報は、テキサス・インスツルメンツの製品仕様に含まれるものではなく、テキサス・インスツルメンツはその正確性も完全性も保証いたしません。個々の目的に対する製品の適合性については、お客様の責任で判断していただくことになります。また、お客様は自身の設計実装を検証しテストすることで、システムの機能を確認する必要があります。

### 9.1 アプリケーション情報

BQ51013C は、単一のデバイスに完全に統合された無線電力レシーバです。このデバイスは、無線電力レシーバの WPC v1.3 仕様に準拠しています。WPC v1.3 準拠のトランスミッタと組み合わせると、最大 5 W の電力を供給できます。システムの設計に利用できるツールはいくつかあります。これらのツールは、[www.ti.com/product](http://www.ti.com/product) の製品ページで確認・購入できます。

### 9.2 代表的なアプリケーション

#### 9.2.1 BQ51013C 無線電源レシーバを電源として使用

次のアプリケーション解説では、BQ51013C を Qi 準拠システムに設定して電源として使用するための要件について説明します。

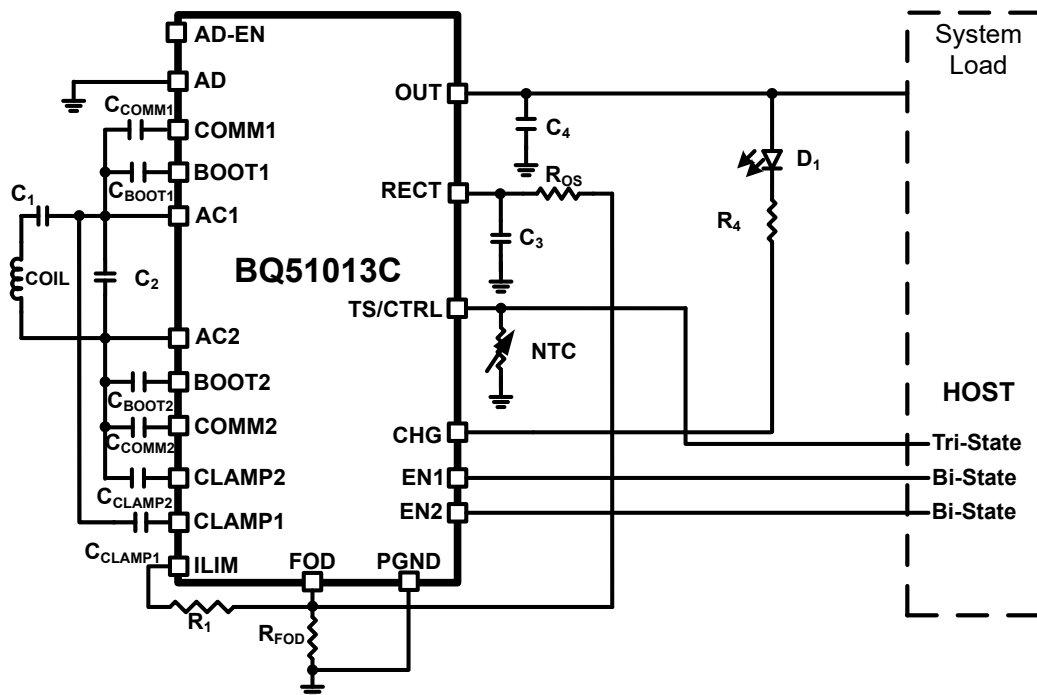


図 9-1. システム負荷用の無線電源レシーバおよび電源として使用される BQ51013C

#### 9.2.1.1 設計要件

このアプリケーションは、100mA 未満から 1A までのさまざまな負荷を持つシステム用です。Qi 認定トランスミッタであればいつでも動作する必要があります。外部の熱測定は必要ありません。アクティブな電源を示すには LED 表示が必要です。アプリケーション図面の各コンポーネントを検査します。

### 9.2.1.2 詳細な設計手順

#### 9.2.1.2.1 BQ51013C を無線電源として使用する場合：(図 9-1 を参照)。

図 9-4 は、有線 (アダプタ) ポートに電力を多重化しながら BQ51013C を電源として使用するシステムの回路図です。

図 9-1 に示すシステムを充電パッド上に置くと、レシーバ コイルは充電パッド内のコイルによって生成された磁束に誘導結合され、その結果、レシーバ コイルに電圧が誘導されます。内部同期整流器はこの電圧をフィルタ コンデンサ C3 がある RECT ピンに供給します。

BQ51013C は、COMM FET のオン/オフを切り替えることで COMM ピンを使用し、C<sub>COMM</sub> のオン/オフを切り替えることでプライマリに対して自身を識別し、認証します。認証が成功すると、トランスミッタの電源はオンのままになります。BQ51013C は RECT ピンの電圧を測定し、実際の電圧と目的の電圧 V<sub>RECT-REG</sub> の差を計算し、エラー パケットを一次側に送り返します。

電力供給中は、V<sub>RECT-REG</sub> スレッショルドが収束するまで LDO はオフに保持されます。電圧制御ループは、出力電圧が V<sub>OUT-REG</sub> に維持され、システムに電力が供給されるようにします。一方、BQ51013C は入力電圧を監視し続け、250ms ごとにエラー パケットを一次側に送信し続けます。大きなオーバーシュートが発生した場合、より短時間で動作ポイントに収束するために、一次側へのフィードバックは 32ms ごとにスピードアップします。

#### 9.2.1.2.2 直列および並列の共振コンデンサの選択

図 9-1 に示すように、コンデンサ C1 (直列) と C2 (並列) は、受信コイルとともにデュアル共振回路を構成します。これら 2 つのコンデンサは、WPC v1.3 仕様に従って適正なサイズにする必要があります。図 9-2 は、デュアル共振回路の等価回路を示しています。

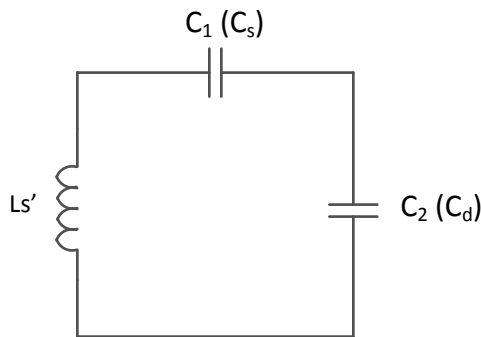


図 9-2. レシーバ コイルを備えた二重共振回路

WPC v1.3 仕様のボリウム 1 に記載されている電力受信機設計要件では、サイズ要件が詳細に説明されています。要約すると、レシーバの設計者は、図 9-3 に示すように標準テスト フィクスチャを使用してインダクタンス測定を行う必要があります。

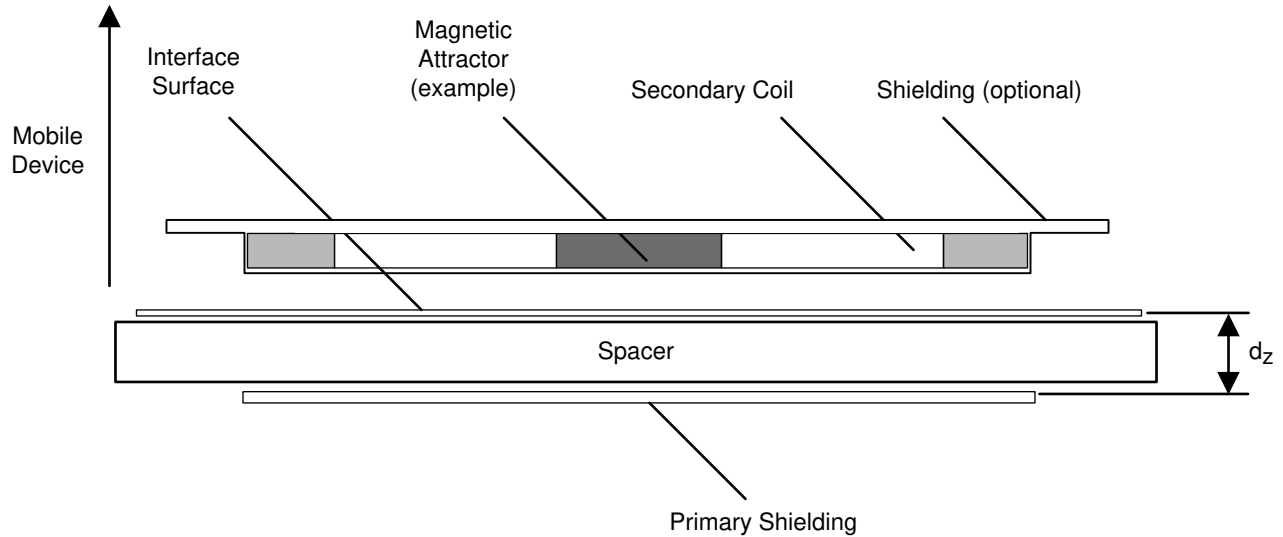


図 9-3. WPC v1.3 受信コイル テスト フィクスチャ インダクタンス測定  $L_s'$  用 (ワイヤレス電力伝送システムの説明、ボリュウム 1 からコピー)低消費電力、パート 1 インターフェイス定義、バージョン 1.1)

一次側シールドは、TDK 株式会社製のフェライト材 PC44 (50mm × 50mm × 1mm) を使用します。ギャップ  $d_z$  は 3.4mm です。受信コイルは、最終システムに実装される状態で (例えば、システムで要求される場合は背面カバーとバッテリーも含める必要があります)、この表面上に配置します。インダクタンスは、1V RMS、周波数 100kHz で測定します。この測定値は  $L_s'$  と呼ばれます。図 9-3 に示すテストフィクスチャを使用せずに同じ測定を繰り返します。この測定値は  $L_s$  または自由空間インダクタンスと呼ばれます。各コンデンサは次のよう式 5 に計算できます。

$$C_1 = \left[ (f_S \times 2\pi)^2 \times L_s' \right]^{-1}$$

$$C_2 = \left[ (f_D \times 2\pi)^2 \times L_s - \frac{1}{C_1} \right]^{-1} \quad (5)$$

ここで、

- $f_S$  は 100kHz±5/-10% です。
- $f_D$  は 1MHz±10% です。

$C_2$  を計算する前に、まず  $C_1$  を選択する必要があります。

品質係数は 77 より大きくなければならず、式 6 によって決定されます。

$$Q = \frac{2\pi \cdot f_D \cdot L_s}{R} \quad (6)$$

ここで、

- $R$  はレシーバコイルの DC 抵抗です。

その他のすべての定数は上記で定義されています。

このアプリケーションでは、選択されたコイルのインダクタンス  $L_s$  は 11μH、 $L_s'$  は 16μH、DC 抵抗は 191mΩ です。式 5 を使用すると、 $C_1$  は 158.3nF (範囲は 144nF ~ 175nF) になります。3 つのコンデンサを並列に接続する最適なソリュ



ーションとして、選択されたコンデンサは 68nF、47nF、39nF で合計 154nF となり、希望する範囲内になります。同じ式 (および  $C_1$  に選択した値) を使用すると、 $C_2$  は 2.3nF になります。これは、2.2nF および 100pF のコンデンサで簡単に満たすことができます。 $C_1$  および  $C_2$  コンデンサの最小定格電圧は 25V である必要があります。品質係数 (式 6 の Q) を解くと、500 を超える値が得られます。

表 9-1 は推奨される RX コイルの一覧です。

#### 9.2.1.2.3 推奨 RX コイル

表 9-1. 推奨 RX コイル

製造元	部品番号	寸法	Ls	出力電流範囲	アプリケーション
ウルトエレクトロニクス	760308103215	48mm × 32mm	14.3μH	50mA～1000mA	一般的な 5V 電源
XFMRS	XFMCC483201-143	48mm × 32mm	14.3μH	50mA～1000mA	一般的な 5V 電源
TDK	WR483265-15F5-G	48mm × 32mm	13.3μH	50mA～1000mA	一般的な 5V 電源
TDK	WR222230-26M8-G	22mm ラウンド	27μH	50mA～500mA	一般的な 5V 電源

#### 9.2.1.2.4 COMM、CLAMP、および BOOT コンデンサ

ほとんどのアプリケーションでは、COMM、CLAMP、および BOOT の容量値は、BQ51013CEVM-764 に合わせて選択されます。

BOOT コンデンサは、内部整流器 FET が適切にオン/オフできるようにするために使用されます。これらのコンデンサは AC1 から BOOT1 まで、および AC2 から BOOT2 まで接続され、最低 25 V の定格が必要です。25V 定格の 10nF コンデンサが選択されます。

CLAMP コンデンサは、過電圧から保護するためのクランプ プロセスを支援するために使用されます。これらのコンデンサは AC1 から CLAMP1 まで、および AC2 から CLAMP2 まで接続され、最低 25 V の定格が必要です。25V 定格の 0.47μF コンデンサが選択されます。

COMM コンデンサは、RX から TX への通信を容易にするために使用されます。この選択は、BOOT コンデンサや CLAMP コンデンサよりも多少変化する可能性があります。一般的には、22nF のコンデンサが推奨されます。最終ソリューションにおける通信の堅牢性テスト結果に基づいて、47nF のコンデンサに変更しなければならない可能性があります。コンデンサが大きいほど、コイルに偏差が大きくなり、TX に強い信号が送られます。この場合も効率が多少低下しますこの場合、定格 25V の 22nF コンデンサが選択されます。

#### 9.2.1.2.5 制御ピンおよび CHG

このセクションでは、BQ51013C の機能を制御するピン (AD、 $\overline{\text{AD\_EN}}$ 、EN1、EN2、および TS/CTRL) について説明します。

このソリューションは無線電源のみを使用します。有線電源の相互作用を無効にするには、AD ピンを低く設定します。出力ピン  $\overline{\text{AD\_EN}}$  はフロートのままになります。

EN1 と EN2 はシステム コントローラの GPIO ピンに接続されています。これにより、システムは無線電力伝送を制御できるようになります。通常の動作では、EN1 と EN2 は Low またはフロート状態になります (GPIO はロー インピーダンスまたはハイ インピーダンスになります)。EN1 と EN2 には内部プルダウン抵抗があります。EN1 と EN2 の両方が低い場合、無線電源が有効になり、RX が適切な TX 上にあるときはいつでも電力を伝送できます。RX システム コントローラは、EN1 = EN2 = 1 を設定することにより、電力伝送を終了し、EPT 0x01 (充電完了) を送信できます。EPT 0x01 を受信すると、TX は電源を切ります。TX は電力伝送テストを継続しますが、RX が電力を要求するまで動作しません。たとえば、TX が BQ500212A の場合、TX は約 5 秒ごとにデジタル Ping を送信します。各 Ping 中に、BQ51013C は EPT 0x01 を再送信します。Ping の合間に、BQ500212A は低電力の「スリープ」モードに入り、消費電力を削減します。RX システム コントローラが電力転送を再開するタイミングであると判断すると (たとえば、バッテリー電圧が再充電しきい値を下回っている場合)、コントローラは EN1 と EN2 を Low (またはフロート) 状態に戻します。BQ500212A の次の Ping により BQ51013C に電力が供給され、BQ51013C は電力を伝送するタイミングであることを通知します。TX および RX 通信が再開され、電力伝送が再開されます。



TS/CTRL ピンは温度センサ (NTC 付き) として使用され、システム コントローラを介して電力伝送を終了する機能を維持します。この場合、通常の NTC (温度感知) 制御では GPIO はハイインピーダンスになります。

CHG ピンは電力伝送を示すために使用されます。D<sub>1</sub> には、電流制限 1.5kΩ 直列抵抗付きの 2.1V 順方向バイアス LED が使用されます。LED と抵抗器は OUT から PGND に接続されており、電力伝送中に D<sub>1</sub> が点灯します。

#### 9.2.1.2.6 電流制限と FOD

電流制限機能と異物検出機能は関連しています。電流制限は  $R_1 + R_{FOD}$  によって設定されます。R<sub>FOD</sub> と Ros は FOD キャリブレーションによって決定されます。Ros の場合は 20kΩ、R<sub>FOD</sub> の場合は 196Ω のデフォルト値が使用されます。最終的な値は、FOD キャリブレーションに基づいて決定する必要があります。FOD キャリブレーション用のツールは、BQ51013C Web フォルダの「ツールとソフトウェア」にあります。キャリブレーションが完了したら正確な値が得られるように、Ros 用に抵抗器 2 個、R<sub>FOD</sub> 用に抵抗 2 個を配置してレイアウトを設定することをお勧めします。

R<sub>FOD</sub> を設定したら、希望する電流制限に基づいて R<sub>1</sub> を計算できます。このソリューションの通常の動作条件 (I<sub>MAX</sub>) における最大電流は 1A です。式 1 を使用して最大電流を計算すると、R<sub>ILIM</sub> の値は 262Ω になります。R<sub>FOD</sub> を 196Ω に設定すると、R<sub>1</sub> の残りの抵抗は 66Ω になります。これにより、ハードウェアの電流制限も 1.2A に設定され、システム性能を気にすることなく一時的な電流の急増が可能になります。

#### 9.2.1.2.7 RECT および OUT の容量

RECT 容量は、AC から DC への変換をスムーズにし、小さな過渡電流が OUT に流れるのを防ぐために使用されます。この 1A I<sub>MAX</sub> の場合、10μF のコンデンサ 2 個と 0.1μF のコンデンサ 1 個を選択します。これらは 16 V の定格である必要があります。

OUT 容量は、小さな負荷過渡現象によるリップルを低減するために使用されます。このソリューションでは、10μF のコンデンサ 1 つと 0.1μF のコンデンサ 1 つが使用されます。

## 9.2.2 デュアルパワーパス：無線電源と DC 入力

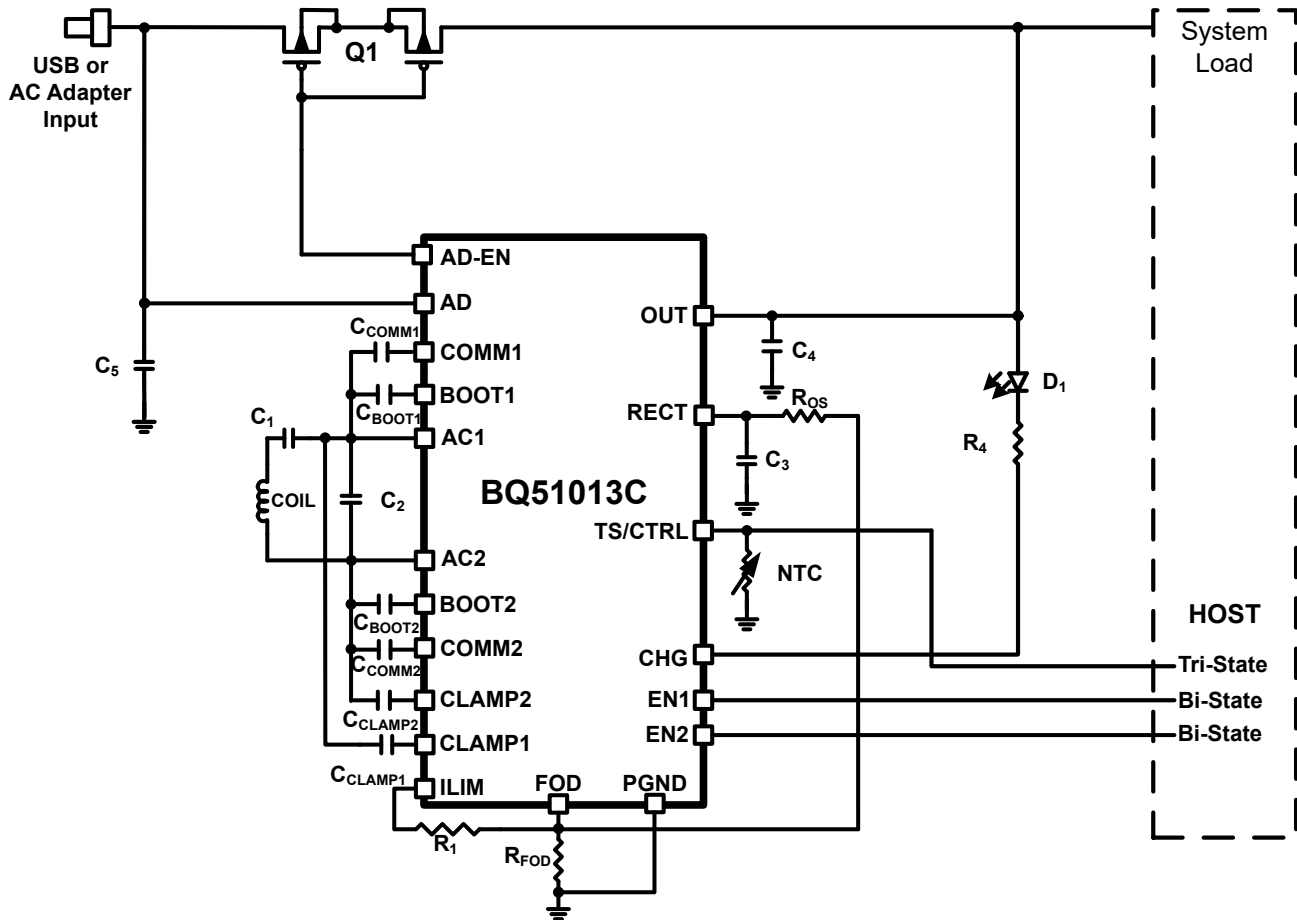


図 9-4. アダプタ電力パス マルチプレクシング機能を備えたシステム負荷用の無線電源レシーバおよび電源として使用される BQ51013C

### 9.2.2.1 設計要件

このソリューションは、AD ピンと  $\overline{\text{AD\_EN}}$  ピンを使用して無線充電を無効にする機能を追加します。サブシステムに電力を供給するために、DC 電源 (DC 出力付きの USB または AC アダプタ) を使用することもできます。これは、無線電力伝送中または無線電力伝送なしで発生する可能性があります。システムは、逆流や回路への損傷なしに電力伝送を可能にする必要があります。

### 9.2.2.2 詳細な設計手順

**セクション 9.2.1** システムに選択されたコンポーネントは同一です。回路に追加されるのは、BQ51013C を制御に使用しながらブロッキング FET を追加することだけです。AD ピンは、スレッショルド検出器として DC 入力に接続されます。AD\_EN ピンはブロッキング FET を有効または無効にするために使用されます。ブロッキング FET は、入力から供給される適切な電流レベルと DC 電圧レベルを処理できるように選択する必要があります。この例では、DC 入力は 5V、最大電流は 1A になることが予想されます (ワイヤレス電源と同じ構成)。CSD75207W15 は、1.5mm<sup>2</sup> WCSP の P チャネル、-20V、3.9A FET ペアであるため、最適です。

次のスコープ プロットは、さまざまな条件下での動作を示しています。

図 9-5 は、AD ピンに電力が追加されたときの、無線電源から有線電源への移行を示しています。V<sub>RECT</sub> が低下し、どちらの電源も電力を供給していない時間が短くなります (I<sub>OUT</sub> がゼロに低下します)。Q1 が有効になると ( $\overline{\text{AD\_EN}}$  を介して)、出力電流が再びオンになります。約 500ms 後の RECT 電圧に注意してください。これは、電力が必要かどうかを確認

認するために Ping を送信する TX です。BQ51013C が TX に電源が必要ないことを通知した後 (OUT ピンを有効にせずに)、RECT は Low に戻ります。このタイミングは TX (ここでは BQ500212A を使用) に基づいています。

図 9-6 は、AD 電圧が除去されたときの無線電源への移行を示しています。有線電源が取り外された後、(BQ500212A) からの次の Ping によって BQ51013C が通電されることに注意してください。整流器の電圧が安定すると、出力がオンになります。

図 9-7 は、AD がすでに電源投入された状態でトランスミッタに配置されたシステムを示しています。TX は Ping を送信し、RX はそれに応答して TX に電力が必要ないことを通知します。使用された TX に基づいたタイミングで Ping が継続されます。

図 9-8 は、RX が TX 上にない場合に追加された AD を示しています。これは、TX を必要とせずに正常に起動したことを示します。

### 9.2.2.3 アプリケーション曲線

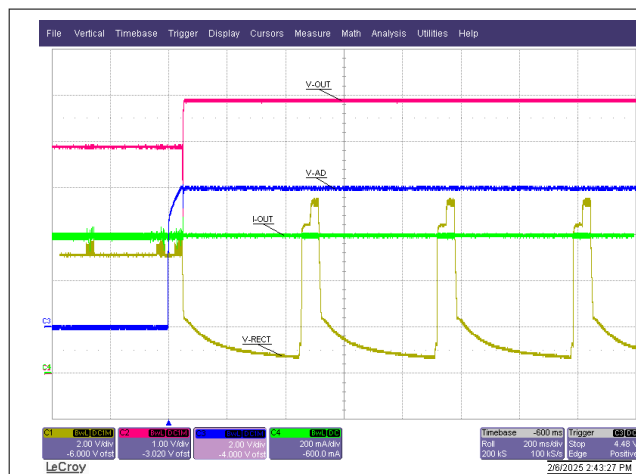


図 9-5. 無線電源と有線電源間の遷移 (EN1 = EN2 = LOW)



図 9-6. 有線電源と無線電源間の遷移 (EN1 = EN2 = LOW)

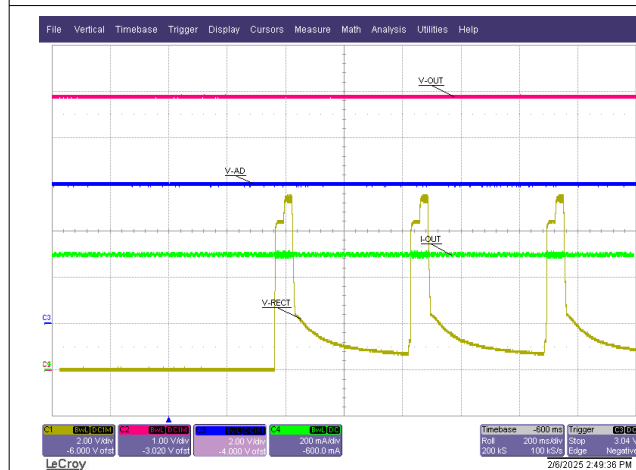


図 9-7. 無線電源起動、 $V_{AD} = 5\text{ V}$  (EN1 = EN2 = LOW)

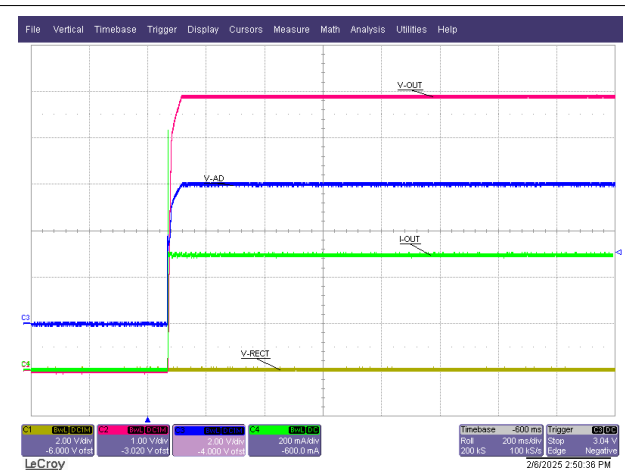


図 9-8. AD 電源起動、トランスミッタなし (EN1 = EN2 = LOW)

### 9.2.3 リチウムイオン電池の無線直接充電 (400mA)

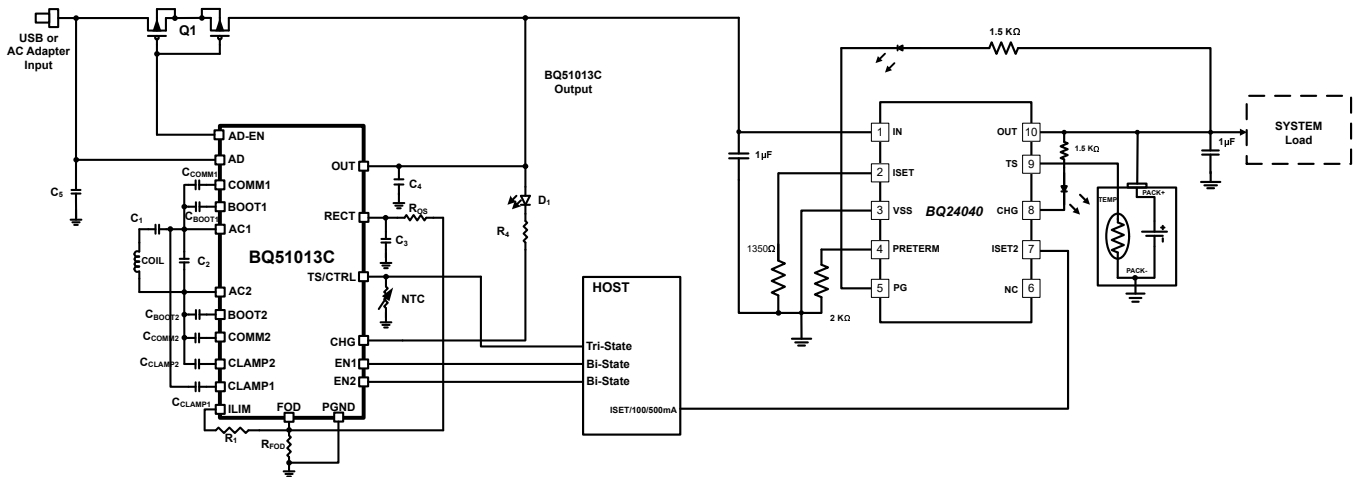


図 9-9. リニア充電器用のアダプタ マルチプレクシング機能を備えた無線電源として使用される BQ51013C

#### 9.2.3.1 設計要件

この設計の目的は、無線または直接 USB 有線入力を使用して、3.7V のリチウムイオン バッテリーを 400mA で充電することです。この設計では、BQ51013C 無線電源と BQ24040 シングルセル リチウムイオン バッテリー充電器を使用します。BQ51013C の出力と BQ24040 の入力の間に低抵抗パスを作成する必要があります。

#### 9.2.3.2 詳細な設計手順

基本的な BQ51013C 設計は [セクション 9.2.2](#) と同一です。BQ51013C OUT ピンは Q1 の出力に接続され、BQ24040 の IN ピンに直接接続されます。BQ51013C 回路に他の変更を加える必要はありません。

BQ24040 には、この充電器が適切に動作するためにプログラムする必要があるパラメータがいくつかあります。[図 9-9](#) に示す値を使用して、IN ピンと OUT ピンにセラミック デカップリング コンデンサが必要です。実際のシステム動作条件での評価後、最終値は上下に調整される場合があります。高振幅のパルス負荷アプリケーションでは、通常、IN コンデンサと OUT コンデンサに大きな値が必要になります。次のステップは、急速充電電流とプレチャージおよび終了電流を設定することです。

急速充電電流 ISET をプログラムします。  $R_{ISET} = [K_{ISET}/I_{OUT}] = [540 \text{ A}\Omega / 0.4 \text{ A}] = 1.350\Omega$ .

終端電流をプログラムする、ITERM:  $R_{PRE-TERM} = [K_{TERM}/\%_{OUT-FC}] = 200\Omega/\% \times 10\% = 2 \text{ k}\Omega$ .

TS 機能: 温度検知機能を有効にするには、TS から VSS に 10kΩ NTC サーミスタ (103AT) をバッテリー パックに配置する必要があります。温度検知機能を無効にするには、TS と VSS の間に 10kΩ の固定抵抗を使用します。

[図 9-10](#) は、完全な RX システムを充電パッド上に置いた後、TX 電源が適用されたときに、BQ24040 充電器を使用したワイヤレス システムの起動を示しています。チャンネル 1 (黄色) は、起動中の BQ51013C の RECT ピン電圧を示しています。BQ51013C からの 5V 出力はチャンネル 2 (赤色) に示されています。BQ24040 の出力はチャンネル 3 (青) に示されています。バッテリー電流はチャンネル 4 (緑色) で確認できます。

[図 9-11](#) も同様の状態を示していますが、この場合は最初はバッテリーが接続されていないため、バッテリー検出ルーチンを観察できます。バッテリーが充電器に接続されると、充電量は 400mA まで増加します。バッテリー電流はチャンネル 4 (緑色) で確認できます。

#### 9.2.3.3 アプリケーション曲線

次のグラフは、BQ51013C + 充電器ソリューションのパフォーマンスを示しています。

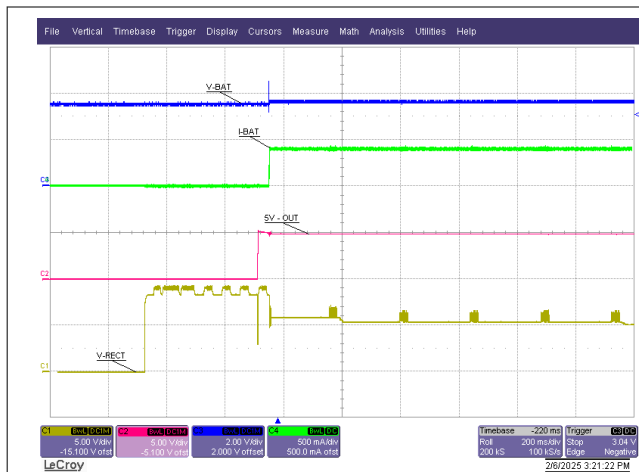


図 9-10. システムの起動

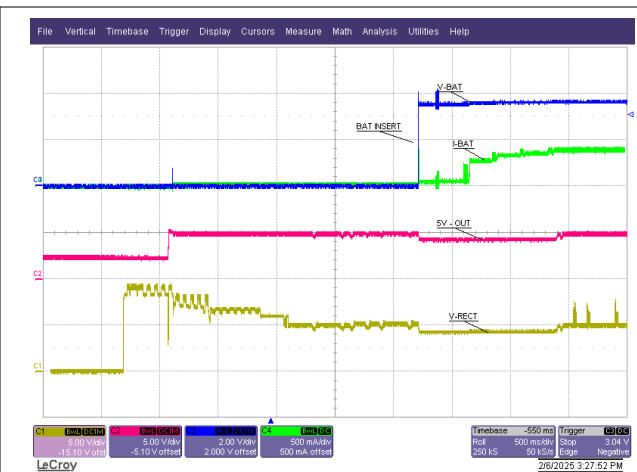


図 9-11. 無線電源を有効にした後、バッテリーを挿入してシステム起動

## 10 電源に関する推奨事項

BQ51013C の電源として Qi 対応のトランスミッタが必要です。

## 11 レイアウト

### 11.1 レイアウトのガイドライン

- AC1、AC2、BAT のトレース抵抗を可能な限り低く保ちます。
- 検出コンデンサと共振コンデンサは、デバイスのできるだけ近くに配置する必要があります。
- COMM、CLAMP、および BOOT コンデンサは、デバイスのできるだけ近くに配置する必要があります。
- PGND ネット上のピア相互接続は、適切な信号整合性と熱性能にとって重要です。
- 高周波バイパスコンデンサは、RECT ピンと OUT ピンの近くに配置する必要があります。
- ILIM 抵抗と FOD 抵抗は重要な信号パスであり、PGND へのこれらのパスのループは最小限に抑える必要があります。

信号とトレース センスはノイズに対して最も敏感です。センス信号の振幅は通常、ノイズの振幅に匹敵する mV 単位で測定されます。これらのトレースがノイズトレースや電源トレースによって干渉されていないことを確認してください。

AC1、AC2、BOOT1、BOOT2、COMM1、および COMM2 は、基板内の主なノイズ発生源です。これらのトレースは基板内の他のコンポーネントから保護する必要があります。通常、追加の保護を提供するために、これらのトレースの下に接地銅領域を配置することを推奨します。また、信号や検知トレースに干渉しないことを確認してください。PCB には、ピア (パワー ステージコンデンサの場合はコンデンサごとに 2 つのピア、スモール信号コンポーネントの場合はコンデンサごとに 1 つのピア) を介してすべてのコンポーネントのリターンに直接接続されたグランド プレーン (リターン) が必要です。

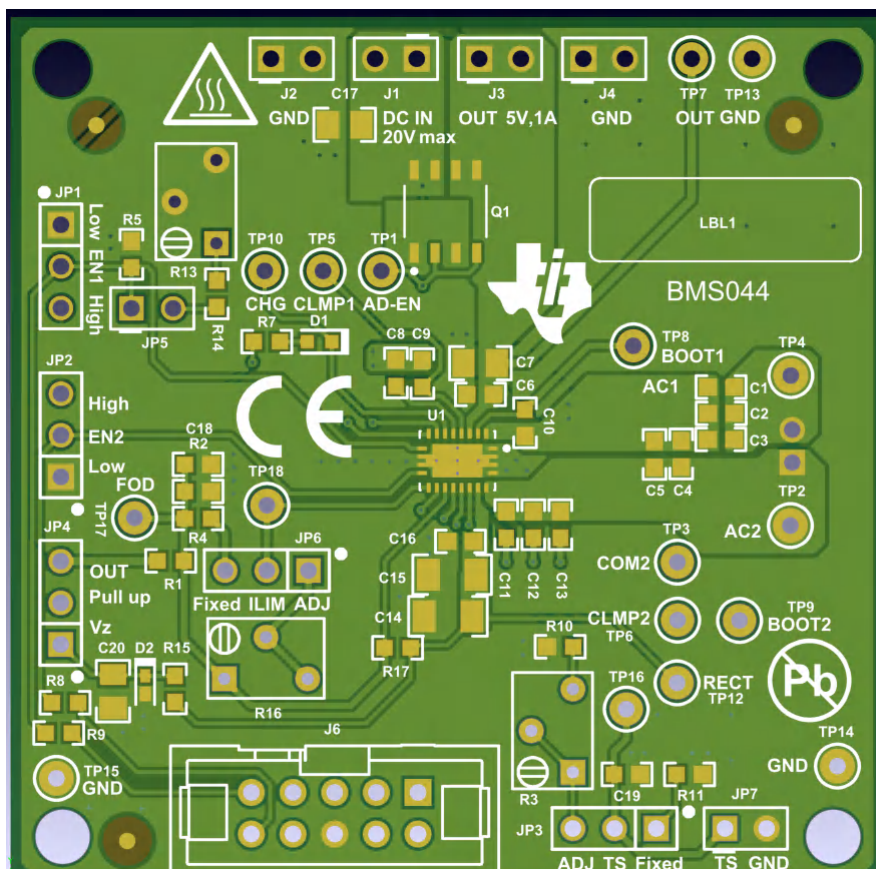
1A の急速充電電流アプリケーションの場合、各ネットの電流定格は次のようになります。

- AC1 = AC2 = 1.2A
- OUT = 1A
- RECT = 100mA (RMS)
- COMMx = 300mA
- CLAMPx = 500mA
- その他はすべて 10mA 以下の定格です

RHL パッケージの場合、熱を放散させるためにサーマル パッドをグランドに接地する必要があります。



## 11.2 レイアウト例



RHL パッケージの場合、熱を放散させるためにサーマル パッドをグラウンドに接地する必要があります。

図 11-1. BQ51013C レイアウト回路図

## 12 デバイスおよびドキュメントのサポート

### 12.1 デバイス サポート

#### 12.1.1 サード・パーティ製品に関する免責事項

サード・パーティ製品またはサービスに関するテキサス・インスツルメンツの出版物は、単独またはテキサス・インスツルメンツの製品、サービスと一緒に提供される場合に関係なく、サード・パーティ製品またはサービスの適合性に関する是認、サード・パーティ製品またはサービスの是認の表明を意味するものではありません。

#### 12.1.2 開発サポート

異物検出 (FOD) キャリブレーション ツールは、Web フォルダの [ツールとソフトウェア](#) にあります。

### 12.2 ドキュメントの更新通知を受け取る方法

ドキュメントの更新についての通知を受け取るには、[www.tij.co.jp](http://www.tij.co.jp) のデバイス製品フォルダを開いてください。[通知] をクリックして登録すると、変更されたすべての製品情報に関するダイジェストを毎週受け取ることができます。変更の詳細については、改訂されたドキュメントに含まれている改訂履歴をご覧ください。

### 12.3 サポート・リソース

テキサス・インスツルメンツ E2E™ サポート・フォーラムは、エンジニアが検証済みの回答と設計に関するヒントをエキスパートから迅速かつ直接得ることができる場所です。既存の回答を検索したり、独自の質問をしたりすることで、設計に必要な支援を迅速に得ることができます。

リンクされているコンテンツは、各寄稿者により「現状のまま」提供されるものです。これらはテキサス・インスツルメンツの仕様を構成するものではなく、必ずしもテキサス・インスツルメンツの見解を反映したものではありません。テキサス・インスツルメンツの [使用条件](#) を参照してください。

### 12.4 商標

テキサス・インスツルメンツ E2E™ is a trademark of Texas Instruments.

すべての商標は、それぞれの所有者に帰属します。

### 12.5 静電気放電に関する注意事項



この IC は、ESD によって破損する可能性があります。テキサス・インスツルメンツは、IC を取り扱う際には常に適切な注意を払うことを推奨します。正しい取り扱いおよび設置手順に従わない場合、デバイスを破損するおそれがあります。

ESD による破損は、わずかな性能低下からデバイスの完全な故障まで多岐にわたります。精密な IC の場合、パラメータがわずかに変化するだけで公表されている仕様から外れる可能性があるため、破損が発生しやすくなっています。

### 12.6 用語集

[テキサス・インスツルメンツ用語集](#) この用語集には、用語や略語の一覧および定義が記載されています。

## 13 改訂履歴

資料番号末尾の英字は改訂を表しています。その改訂履歴は英語版に準じています。

Changes from Revision * (October 2024) to Revision A (May 2025)	Page
• データシート全体で WPC v2.0 を WPC v1.3 に変更しました.....	1
• 「特長」を更新.....	1
• 電氣的特性における動的 $V_{RECT}$ スレッショルド 1-3 を削除.....	8
• 「代表的特性」の複数のグラフを削除.....	11
• 「Qi ワイヤレス給電システムと BQ51013C 電力伝送フロー図の詳細」セクションを更新.....	16
• 「ダイマン整流器の制御」および「動的効率スケールリング」セクションを削除.....	16
• 「 $R_{LIM}$ の計算」セクションを更新.....	18
• 「レシーバ コイル負荷ライン解析」セクションを削除.....	28



• 「BQ51013C を無線電源として使用する場合」セクションを更新.....	30
• 「推奨 RX コイル」セクションを更新.....	32
• 「アプリケーション曲線」セクションを削除.....	33
• 「アプリケーション曲線」セクションを更新.....	35
• 「リチウムイオン電池の無線直接充電 (400mA)」セクションで 800mA を 400mA に変更しました。.....	36
• 「設計要件」セクションで 800mA を 400mA に変更.....	36
• 「詳細な設計手順」セクションを更新.....	36
• 「アプリケーション曲線」セクションを更新.....	36

## 14 メカニカル、パッケージ、および注文情報

以降のページには、メカニカル、パッケージ、および注文に関する情報が記載されています。この情報は、指定のデバイスに使用できる最新のデータです。このデータは、予告なく、このドキュメントを改訂せずに変更される場合があります。本データシートのブラウザ版を使用されている場合は、画面左側の説明をご覧ください。

## 重要なお知らせと免責事項

テキサス・インスツルメンツは、技術データと信頼性データ (データシートを含みます)、設計リソース (リファレンス デザインを含みます)、アプリケーションや設計に関する各種アドバイス、Web ツール、安全性情報、その他のリソースを、欠陥が存在する可能性のある「現状のまま」提供しており、商品性および特定目的に対する適合性の黙示保証、第三者の知的財産権の非侵害保証を含むいかなる保証も、明示的または黙示的にかかわらず拒否します。

これらのリソースは、テキサス・インスツルメンツ製品を使用する設計の経験を積んだ開発者への提供を意図したものです。(1) お客様のアプリケーションに適した テキサス・インスツルメンツ製品の選定、(2) お客様のアプリケーションの設計、検証、試験、(3) お客様のアプリケーションに該当する各種規格や、その他のあらゆる安全性、セキュリティ、規制、または他の要件への確実な適合に関する責任を、お客様のみが単独で負うものとします。

上記の各種リソースは、予告なく変更される可能性があります。これらのリソースは、リソースで説明されている テキサス・インスツルメンツ製品を使用するアプリケーションの開発の目的でのみ、テキサス・インスツルメンツはその使用をお客様に許諾します。これらのリソースに関して、他の目的で複製することや掲載することは禁止されています。テキサス・インスツルメンツや第三者の知的財産権のライセンスが付与されている訳ではありません。お客様は、これらのリソースを自身で使用した結果発生するあらゆる申し立て、損害、費用、損失、責任について、テキサス・インスツルメンツおよびその代理人を完全に補償するものとし、テキサス・インスツルメンツは一切の責任を拒否します。

テキサス・インスツルメンツの製品は、[テキサス・インスツルメンツの販売条件](#)、または [ti.com](https://www.ti.com) やかかる テキサス・インスツルメンツ製品の関連資料などのいずれかを通じて提供する適用可能な条項の下で提供されています。テキサス・インスツルメンツがこれらのリソースを提供することは、適用されるテキサス・インスツルメンツの保証または他の保証の放棄の拡大や変更を意味するものではありません。

お客様がいかなる追加条項または代替条項を提案した場合でも、テキサス・インスツルメンツはそれらに異議を唱え、拒否します。

郵送先住所: Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265  
Copyright © 2025, Texas Instruments Incorporated

## PACKAGING INFORMATION

Orderable part number	Status (1)	Material type (2)	Package   Pins	Package qty   Carrier	RoHS (3)	Lead finish/ Ball material (4)	MSL rating/ Peak reflow (5)	Op temp (°C)	Part marking (6)
<a href="#">BQ51013CRHLR</a>	Active	Production	VQFN (RHL)   20	3000   LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR	-40 to 125	BQ51013C
BQ51013CRHLR.A	Active	Production	VQFN (RHL)   20	3000   LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR	-40 to 125	BQ51013C

<sup>(1)</sup> **Status:** For more details on status, see our [product life cycle](#).

<sup>(2)</sup> **Material type:** When designated, preproduction parts are prototypes/experimental devices, and are not yet approved or released for full production. Testing and final process, including without limitation quality assurance, reliability performance testing, and/or process qualification, may not yet be complete, and this item is subject to further changes or possible discontinuation. If available for ordering, purchases will be subject to an additional waiver at checkout, and are intended for early internal evaluation purposes only. These items are sold without warranties of any kind.

<sup>(3)</sup> **RoHS values:** Yes, No, RoHS Exempt. See the [TI RoHS Statement](#) for additional information and value definition.

<sup>(4)</sup> **Lead finish/Ball material:** Parts may have multiple material finish options. Finish options are separated by a vertical ruled line. Lead finish/Ball material values may wrap to two lines if the finish value exceeds the maximum column width.

<sup>(5)</sup> **MSL rating/Peak reflow:** The moisture sensitivity level ratings and peak solder (reflow) temperatures. In the event that a part has multiple moisture sensitivity ratings, only the lowest level per JEDEC standards is shown. Refer to the shipping label for the actual reflow temperature that will be used to mount the part to the printed circuit board.

<sup>(6)</sup> **Part marking:** There may be an additional marking, which relates to the logo, the lot trace code information, or the environmental category of the part.

Multiple part markings will be inside parentheses. Only one part marking contained in parentheses and separated by a "~" will appear on a part. If a line is indented then it is a continuation of the previous line and the two combined represent the entire part marking for that device.

**Important Information and Disclaimer:**The information provided on this page represents TI's knowledge and belief as of the date that it is provided. TI bases its knowledge and belief on information provided by third parties, and makes no representation or warranty as to the accuracy of such information. Efforts are underway to better integrate information from third parties. TI has taken and continues to take reasonable steps to provide representative and accurate information but may not have conducted destructive testing or chemical analysis on incoming materials and chemicals. TI and TI suppliers consider certain information to be proprietary, and thus CAS numbers and other limited information may not be available for release.

In no event shall TI's liability arising out of such information exceed the total purchase price of the TI part(s) at issue in this document sold by TI to Customer on an annual basis.

### OTHER QUALIFIED VERSIONS OF BQ51013C :

- Automotive : [BQ51013C-Q1](#)

NOTE: Qualified Version Definitions:

- Automotive - Q100 devices qualified for high-reliability automotive applications targeting zero defects

## TAPE AND REEL INFORMATION



\*All dimensions are nominal

Device	Package Type	Package Drawing	Pins	SPQ	Reel Diameter (mm)	Reel Width W1 (mm)	A0 (mm)	B0 (mm)	K0 (mm)	P1 (mm)	W (mm)	Pin1 Quadrant
BQ51013CRHLR	VQFN	RHL	20	3000	330.0	12.4	3.71	4.71	1.1	8.0	12.0	Q1

## TAPE AND REEL BOX DIMENSIONS



\*All dimensions are nominal

Device	Package Type	Package Drawing	Pins	SPQ	Length (mm)	Width (mm)	Height (mm)
BQ51013CRHLR	VQFN	RHL	20	3000	367.0	367.0	35.0

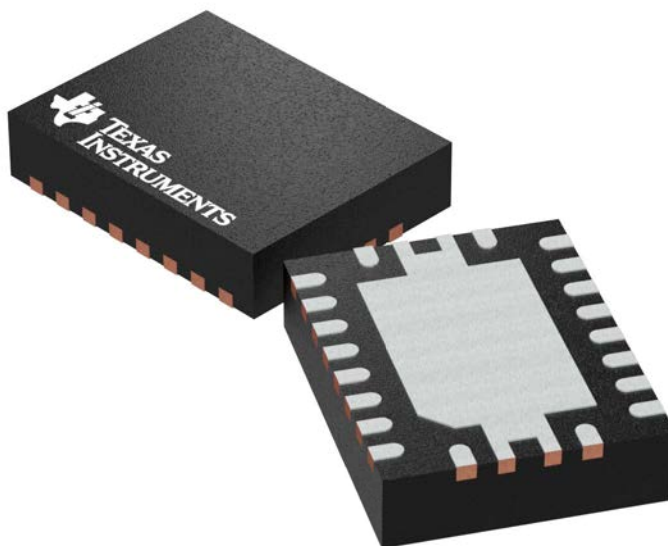
## GENERIC PACKAGE VIEW

**RHL 20**

**VQFN - 1 mm max height**

**3.5 x 4.5 mm, 0.5 mm pitch**

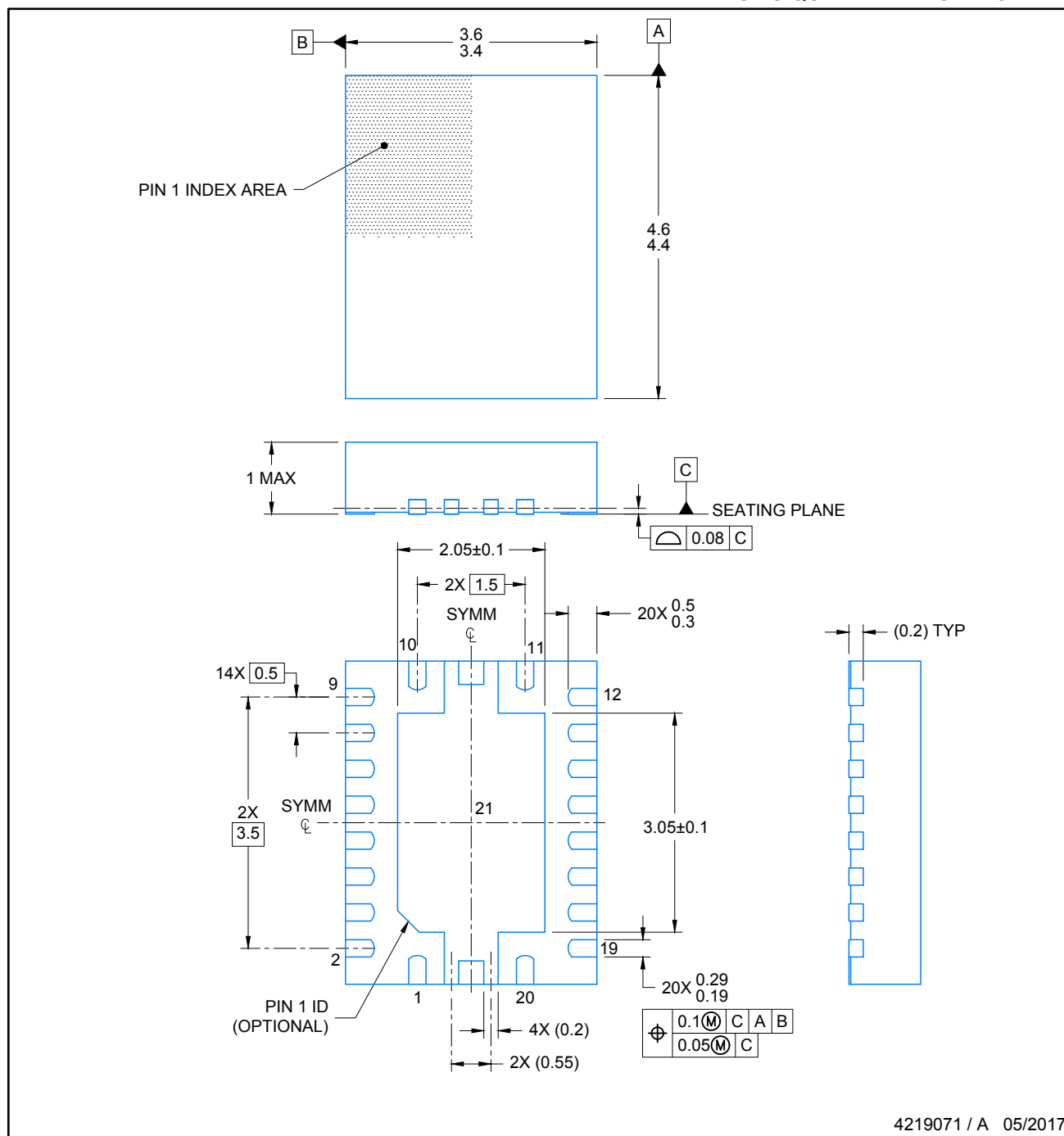
PLASTIC QUAD FLATPACK - NO LEAD



Images above are just a representation of the package family, actual package may vary.  
Refer to the product data sheet for package details.

4205346/L

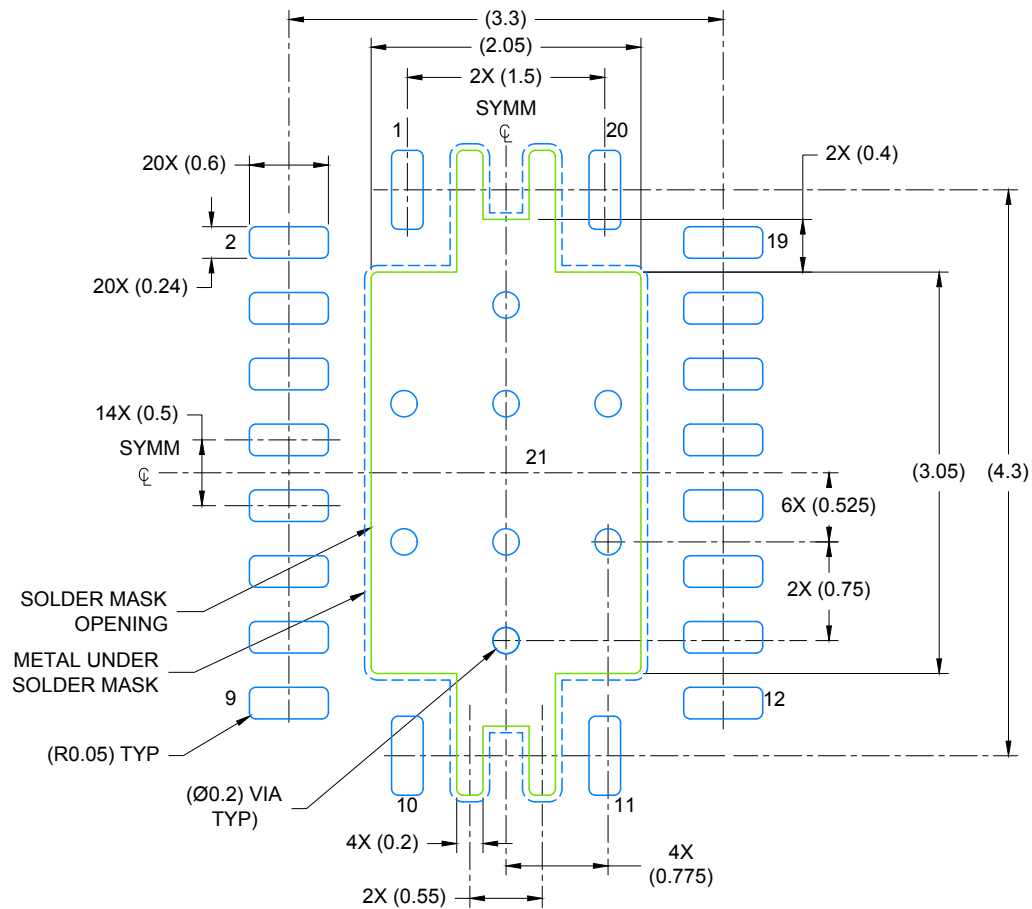




4219071 / A 05/2017

## NOTES:

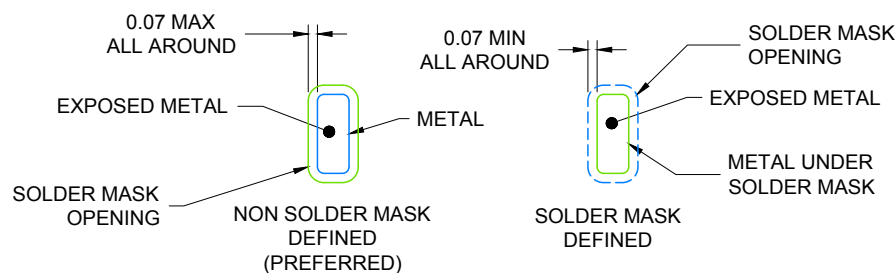
- All linear dimensions are in millimeters. Any dimensions in parenthesis are for reference only. Dimensioning and tolerancing per ASME Y14.5M.
- This drawing is subject to change without notice.
- The package thermal pad must be soldered to the printed circuit board for thermal and mechanical performance.



## LAND PATTERN EXAMPLE

EXPOSED METAL SHOWN

SCALE: 18X

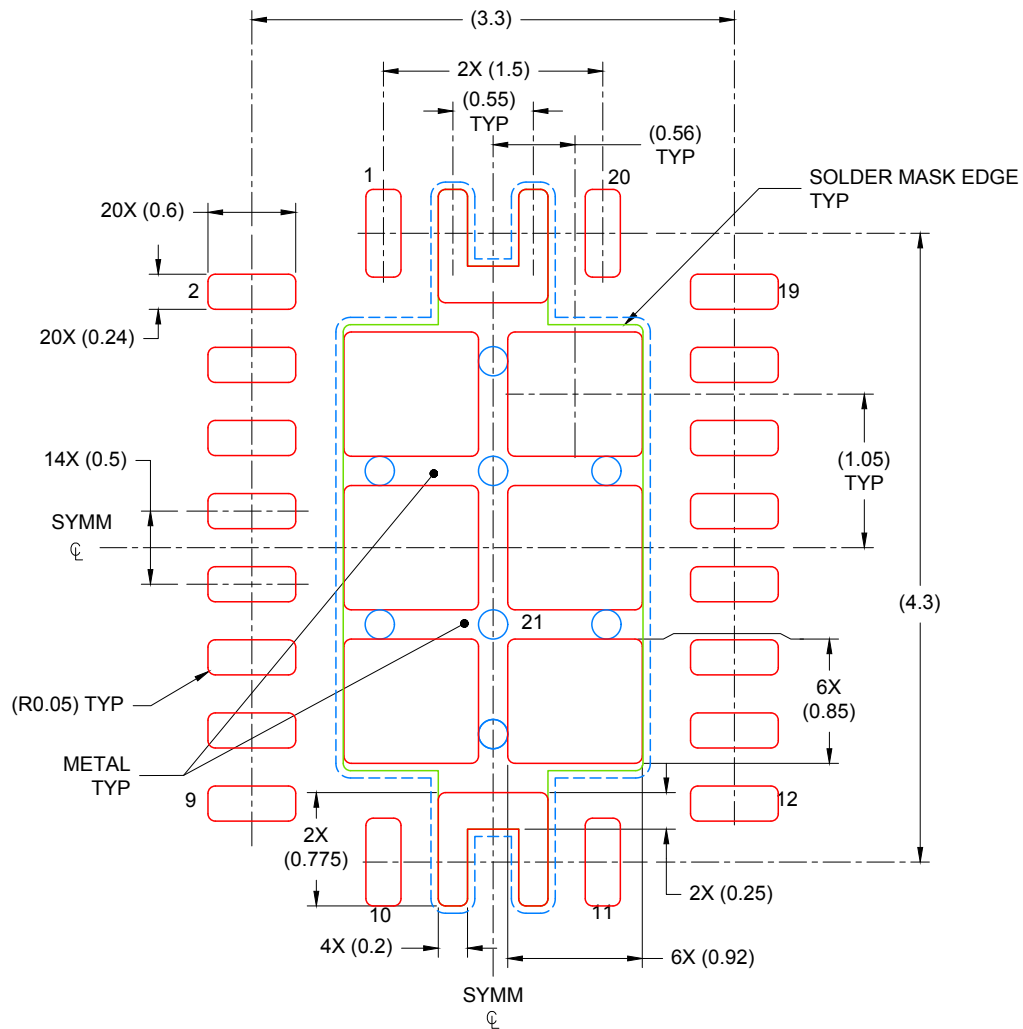


## SOLDER MASK DETAILS

4219071 / A 05/2017

NOTES: (continued)

4. This package is designed to be soldered to a thermal pad on the board. For more information, see Texas Instruments literature number SLUA271 ([www.ti.com/lit/slua271](http://www.ti.com/lit/slua271)).
5. Solder mask tolerances between and around signal pads can vary based on board fabrication site.
6. Vias are optional depending on application, refer to device data sheet. If any vias are implemented, refer to their locations shown on this view. It is recommended that vias under paste be filled, plugged or tented.



SOLDER PASTE EXAMPLE  
 BASED ON 0.1mm THICK STENCIL

EXPOSED PAD  
 75% PRINTED COVERAGE BY AREA  
 SCALE: 20X

4219071 / A 05/2017

NOTES: (continued)

7. Laser cutting apertures with trapezoidal walls and rounded corners may offer better paste release. IPC-7525 may have alternate design recommendations..

## 重要なお知らせと免責事項

TI は、技術データと信頼性データ (データシートを含みます)、設計リソース (リファレンス デザインを含みます)、アプリケーションや設計に関する各種アドバイス、Web ツール、安全性情報、その他のリソースを、欠陥が存在する可能性のある「現状のまま」提供しており、商品性および特定目的に対する適合性の黙示保証、第三者の知的財産権の非侵害保証を含むいかなる保証も、明示的または黙示的にかかわらず拒否します。

これらのリソースは、TI 製品を使用する設計の経験を積んだ開発者への提供を意図したものです。(1) お客様のアプリケーションに適した TI 製品の選定、(2) お客様のアプリケーションの設計、検証、試験、(3) お客様のアプリケーションに該当する各種規格や、その他のあらゆる安全性、セキュリティ、規制、または他の要件への確実な適合に関する責任を、お客様のみが単独で負うものとし、TI は一切の責任を拒否します。

上記の各種リソースは、予告なく変更される可能性があります。これらのリソースは、リソースで説明されている TI 製品を使用するアプリケーションの開発の目的でのみ、TI はその使用をお客様に許諾します。これらのリソースに関して、他の目的で複製することや掲載することは禁止されています。TI や第三者の知的財産権のライセンスが付与されている訳ではありません。お客様は、これらのリソースを自身で使用した結果発生するあらゆる申し立て、損害、費用、損失、責任について、TI およびその代理人を完全に補償するものとし、TI は一切の責任を拒否します。

TI の製品は、[TI の販売条件](#)、[TI の総合的な品質ガイドライン](#)、[ti.com](#) または TI 製品などに関連して提供される他の適用条件に従い提供されます。TI がこれらのリソースを提供することは、適用される TI の保証または他の保証の放棄の拡大や変更を意味するものではありません。TI がカスタム、またはカスタマー仕様として明示的に指定していない限り、TI の製品は標準的なカタログに掲載される汎用機器です。

お客様がいかなる追加条項または代替条項を提案する場合も、TI はそれらに異議を唱え、拒否します。

Copyright © 2025, Texas Instruments Incorporated

最終更新日：2025 年 10 月