

*Application Note***CAN SBC のウェークアップ方法**

Parker Dodson

概要

システムベースチップ (**SBC**) を使用すると、設計者はパワー マネージメント、保護機能、および CAN/LIN 通信を、单一の制御システムに統合した 1 つのパッケージに統合できます。これらのデバイスは低消費電力であるという利点もあり、多くのものはスリープ モード中に 100uA 未満の電流を実現できます。これはバッテリ駆動のアプリケーションにとって非常に重要です。ただし、**SBC** は常にスリープ モードにあるわけではないため、設計したタスクを完了するためにモードを切り替える必要があります。通常、ほとんどの **SBC** はスリープ モード中に SPI バスを介して通信できないため、次の疑問が生じます：したがって、**SBC** はスリープに入った後、どのようにして再び起動しますか？ここで活用されるのが、**SBC** の WAKE 機能です。本書では、さまざまな **SBC** に一般的に使用されているウェークアップ手法の概要を説明します。

目次

1はじめに.....	2
2トランシーバのスリープ モードと SBC のスリープ モードとの関係.....	2
3 SPI 通信がアクティブな状態でウェークアップ.....	2
4 ローカル ウェークアップ (LWU).....	3
5 デジタル ウェークアップ.....	6
6 周期的なウェークアップ.....	7
7 外部コンポーネントを使用した周期ウェークアップ用タイマの延長.....	8
8 CAN BWRR.....	11
9 部分的ネットワーキング.....	12
10まとめ.....	13
11 参考資料.....	15

商標

すべての商標は、それぞれの所有者に帰属します。

1 はじめに

システムベースチップ (**SBC**) は、多数の機能を 1 つのパッケージに統合し、さらに低消費電力のスリープ モードに移行できるため、設計者が自らの設計に組み込みやすいように作られたデバイスです。**SBC** は通常、スリープ モード中にバス通信をオフにして電力を節約します。これは重要な質問につながります：**SBC** はどのようにしてウェークアップすべきタイミングを「知り」ますか。その質問への答えは、単純にデバイスのウェークアップ ルーチンによって説明できます。本書では、以下の点について説明します。**SBC** と内蔵トランシーバ間のスリープ モードの違い、スリープ中に通信バスがオンの場合のデバイスの起動方法、そして **WAKE** ピンを使用したローカル ウェークアップです。そのほか、本書では MCU からのデジタル ウェークアップ、周期的ウェークアップ、周期的検出ウェーク、CAN BWRR についても取り上げ、さらに部分ネットワーキングおよび選択的ウェークに関する補足も記載しています。

2 トランシーバのスリープ モードと SBC のスリープ モードとの関係

さまざまなウェークアップ方法について説明する前に、いくつかの基本的な概念を確認しておく必要があります。**SBC** に内蔵されたトランシーバは、**SBC** 全体とはある程度独立して動作するため、トランシーバのモードが必ずしも **SBC** 全体のモードを反映しているわけではありません。ただし、使用可能なモードは、**SBC** の現在の状態によって決定されることに注意してください。つまり、「ウェーク」という言葉には、**SBC** を起動させる場合と、トランシーバを起動させる場合の 2 つの意味があるということです。一般に、トランシーバが完全に機能し、**SBC** と通信を行うには、通常モードになっている必要がありますが、**SBC** が通常モードになっていても、トランシーバがアクティブであることは確認されません。トランシーバはウェーク対応状態にできます。その結果として、**SBC** がすでに起動している状態でも、ウェーク信号が送られてくる場合がありますが、その信号は **SBC** 内のトランシーバ専用のものとして送られていることがあります。トランシーバ モードと **SBC** モードの詳細については、デバイス固有のデータシートを参照してください。

SPI 通信がアクティブな状態でウェークアップ

最も簡単なウェークアップ方法は、アプリケーションがデバイスを起動状態にする必要があるときに、SPI コマンドを使用してトランシーバ モードおよび **SBC** モードを切り替えることです。一般的に、SPI バスは **SBC** 内部のレギュレータによって給電されていますが、このレギュレーターはデフォルトではスリープ モード中に電流消費を抑えるためにオフになります。しかし、TCAN24xx-Q1 や TCAN28xx-Q1 のような中位クラスの **SBC** には、**SBC** がスリープ モード中でも SPI レギュレータ (両デバイスで VCC1) をオンにしておくオプションがあります。これは、**SBC** がスリープ状態にできることを意味します。VCC1 が有効になっている場合、SPI バスもアクティブであり、エンド ユーザは SPI コマンドを送信して **SBC** をスタンバイ モードや通常モードなど、別のモードに切り替えることができます。これにより、ホストコントローラーが単純な SPI コマンドによって **SBC** を起動させることができます。これは、内部レギュレータがオンかつアクティブなことにより、スリープ中の電流使用量が増加するという代償となります。

内部レギュレータがオンになった状態で **SBC** を使用するシンプルなウェークアップ方法を説明しますが、トランシーバはどうでしょうか？トランシーバの状態も SPI コマンドで変更できるため、同様に単純な SPI コマンドでトランシーバを起動させることもできます。特定の **SBC** モードでトランシーバ モードも変更できるかどうかを確認するには、デバイスのデータシートを参照してください。これが許可されており、かつ SPI バスがアクティブな場合、**SBC** モードの切り替えなどの単純な SPI コマンドを使用できます。変更されるのは、書き込まれるレジスタ アドレスとデータだけです。

ここまでが基本的なウェークアップ方法の範囲ですが、多くのアプリケーションでは **SBC** のメイン レギュレータが有効になっていないため、別のウェークアップ手段を検討する必要があります。

3 ローカル ウエークアップ (LWU)

基本的なウェークアップ方式を理解したところで、次に重要なのは、SBC の主電源レギュレータ（通常 VCC1 と表記）がオフのときにどのようにウェークアップを行うかを理解することです。多くの SBC 設計ではこの要件が存在するため、多くの SBC には個別の WAKE ピンが備えられています。このピンの主な役割は、SBC のスリープ モード中に、主電源がオフでもオフでもアクティビ化できるローカル ウエークアップ入力として機能することです。多くの SBC には複数の WAKE ピンが搭載されており、たとえば TCAN28XX-Q1 ファミリのデバイスには 3 つの個別 WAKE 入力が、TCAN24xx-Q1 ファミリには 4 つの個別 WAKE 入力が用意されています。つまり、設計上で複数のウェークアップ ソースを用意し、これらの WAKE ピンを介して SBC をスリープ モードから動作状態へ復帰させることができます。

WAKE ピンへのウェイク信号入力は「ローカル ウエークアップ (LWU)」と呼ばれます。これは、ウェークアップの発生源が SBC に近い信号（同一サブシステム内）であるためです。ウェークアップ信号にはさまざまな種類がありますが、TI の SBC では次のウェークアップ方式がサポートされています。双方向エッジ検出、立ち上がりエッジ検出、立ち下がりエッジ検出、およびパルス検出です。すべてのエッジ検出は比較的同様に機能します。ウェーク ピンの電圧が所定のスレッショルドを超えると、ウェークアップ条件が SBC の制御ブロックに送られます。したがって、立ち上がりエッジの場合、WAKE ピンの電圧が Low 状態から High 状態に変化し、少なくとも t_{wake} の間維持されると、SBC 内部でウェークアップ信号が生成されます。立ち下がりエッジは立ち上がりエッジの逆であり、たとえば WAKE ピンの電圧が High 状態から Low 状態に変化し、少なくとも t_{wake} の間維持されると、SBC 内部でウェークアップ信号が生成されます。双方向エッジ検出は、最小タイミング要件を満たす WAKE ピンに High から Low、または Low から High への遷移に対して、ウェークアップ信号を生成します。その一例として、TI の SBC TCAN2847-Q1 における立ち上がりエッジおよび立ち下がりエッジのローカル ウエークアップ信号を挙げることができます。この動作は TI の複数の SBC デバイスにも共通して適用されます。

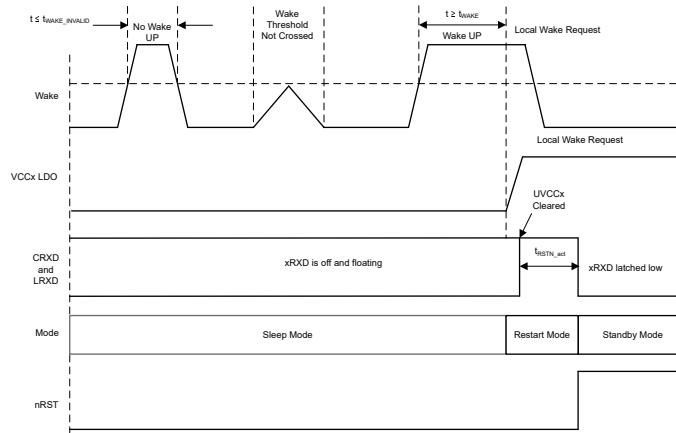


図 3-1. ローカル ウエークアップ: 立ち上がりエッジ (TCAN2847-Q1)

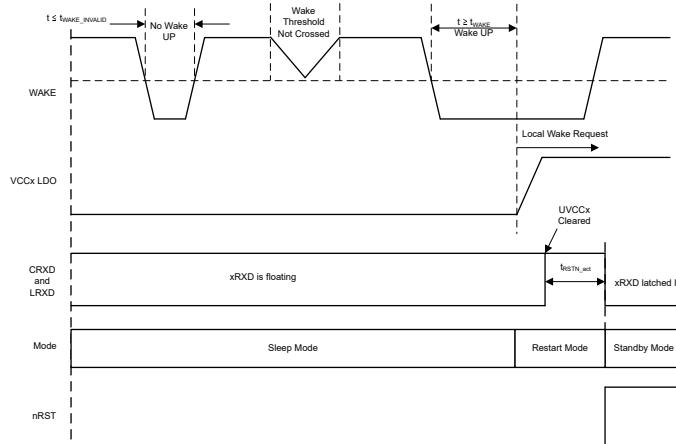


図 3-2. ローカル ウエークアップ: 立ち下がりエッジ (TCAN2847-Q1)

エッジ検出に加えて、パルス検出もあります。パルス検出は標準的なエッジ検出よりも複雑で、考慮すべき仕様項目がいくつか追加されます。標準スレッショルドレベルは、エッジ検出とパルス検出の両方で同じです。これらは通常、SBC 内で設定できます。特定の SBC デバイススレッショルドの詳細については、特定の SBC のデータシートを参照してください。ただし、パルスの向きも指定する必要があります。低レベル→高レベル → 低レベルのパルスか、高レベル→低レベル → 高レベルのパルスかを定義する必要があるため、パルス検出によるウェークアップを使う場合は、パルスの極性が重要になります。パルス検出に関しても、タイミングに関する考慮事項がいくつかあります。パルス検出では、主に 3 つのタイミング仕様が使用されます。短いものから順に、 $t_{WK_WIDTH_INVALID}$ 、 $t_{WK_WIDTH_MIN}$ 、 $t_{WK_WIDTH_MAX}$ です。これらの時間範囲は通常、SBC 内で設定できます。有効なパルスとして検出されるためには、パルス幅が $t_{WK_WIDTH_MIN}$ 以上かつ $t_{WK_WIDTH_MAX}$ 以下である必要があります。パルス幅が $t_{WK_WIDTH_MIN}$ 未満で、かつ $t_{WK_WIDTH_INVALID}$ より大きい場合でも、ウェークアップ条件が検出される可能性があります。これは、WAKE ピンでパルスベースのウェークアップを許可する TCAN2847-Q1 などのデバイスの動作を確認するときに見られる現象です。

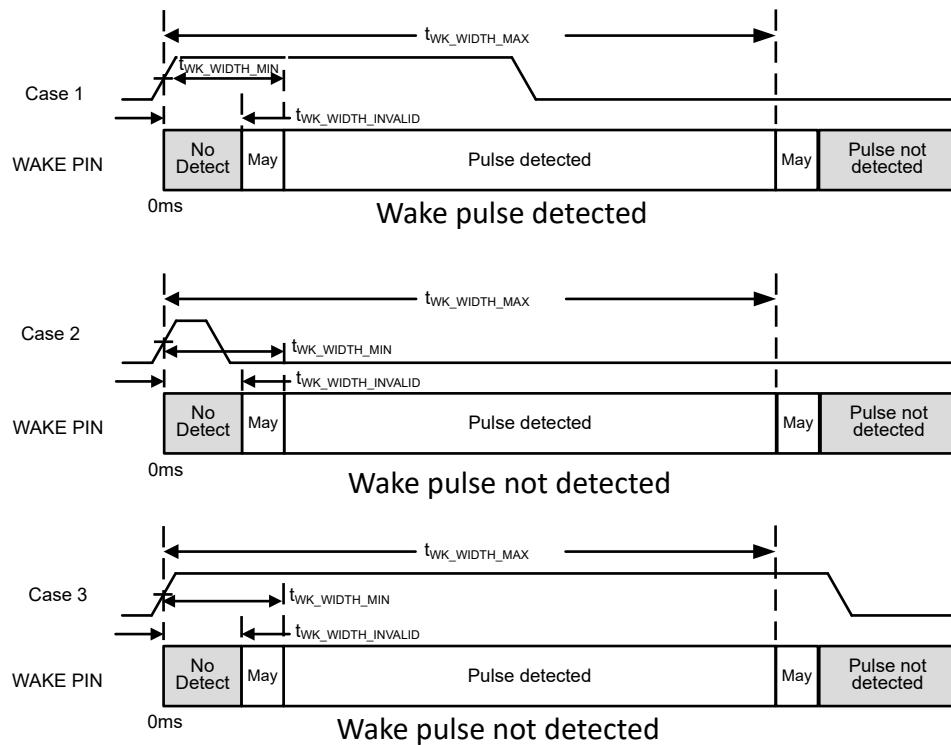


図 3-3. ローカル ウエークアップ: パルス検出 (TCAN2847-Q1)

これらの WAKE ピンは高耐圧仕様であり、通常、SBC の電源ピンよりも高い電圧に耐えることができます。必ず該当デバイスのデータシートを確認してください。上記の定義は、WAKE ピンを使用する最も一般的な使用例を示しています。これら以外のいくつかの使用方法については、本アプリケーションノートの後半でさらに詳しく説明されています。

WAKE ピンは一般的に簡単に使用できます。設計者は、これらの機能を量産システムでどのように使用しますか？この点を理解するために、実際の例として、車のドア内に配置されており、ドアの開閉のたびにウェイクアップする必要がある SBC を見てみましょう。ホール効果センサを使用して、ドアが閉じているかどうかを判定したと仮定します。たとえば、センサは車のドアが閉まったことを検出し、ドアが閉じている間は電流が流れません。これにより、ドアの状態を示す 2 値信号が出力されます。簡単のために、ホール効果センサには 3 本のピン (VCC, GND, OUT) のみがあり、OUT ピンがドアの開閉状態を示すものとします。これは、TMAG5131-Q1 などのデバイスに一般的で、SBC のウェイクアップソースとして使用できます。

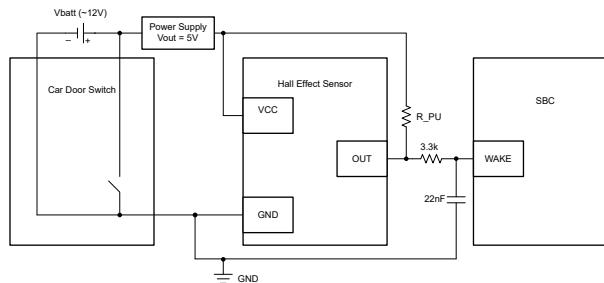


図 3-4. ホール効果センサを SBC のローカル ウェーク ソースとして使う場合の図

この簡略化した例では、車両のドアが閉じているときに電流を流すスイッチがあり、ドアが開いているときに回路は断線で電流を流すことはありません。この電流の状態と電流はホール効果センサでは検出できません。図ではセンサの出力がオープンドレインになっていますが、必ずしもそうである必要はありません。これは、選択したホールエフェクトセンサに依存します。もし「電流が流れない = OUT ピンは Low」、「電流が流れる = OUT ピンは High」と仮定すると、どのウェーク状態を使用すべきかを決定することができます。この例では、SBC がドアの状態が変わったときにウェークアップし、各ドアの状態が High または Low のいずれかの論理レベルで表されるため、WAKE ピンは双方向エッジ検出に設定する必要があります。もう 1 つの重要な概念は、ウェークレベルの構成です。この具体的な例は 5V のホール効果センサを使用しているので、最大出力も約 5V に制限されています。したがって、立ち上がりレスポンスはセンサの最大出力電圧よりも低くする必要があります。適切なウェーク構成が実装されている場合、SBC ではこれは問題になりません。前述の例は、SBC の WAKE ピンの唯一の使い方ではなく、設計者がシステムにウェーク機能を実装する際の一般的な使用例の一つに過ぎません。

4 デジタル ウエークアップ

一部の SBC (たとえば TCAN28xx-Q1 や TCAN24xx-Q1 ファミリの中位クラス製品) では、ソフトウェア デバッグ (SW) ピンを使ったデジタル ウエークアップも利用できます。これらのデバイスにおける SW ピンは主に入力として機能し、ウォッチドッグ タイマがミスした際に SBC が動作を起こすのを防ぐために使用できます。しかし、このピンには代替機能もあり、スリープ モードまたはフェールセーフ モード中にはデジタル ウエーク入力として使用することができます。

デジタル ウエークアップ機能は、SBC モードによって異なります。どちらの場合も、MCU またはウェークアップ対応 CAN/LIN トランシーバが、SW ピンの状態 (High から Low または Low から High への遷移) を変化させて、SBC のウェーク条件をトリガします。スリープ モードの場合、デジタル ウエーク機能が有効になっていれば、SW ピンの状態変化だけで SBC のウェークをトリガすることができます

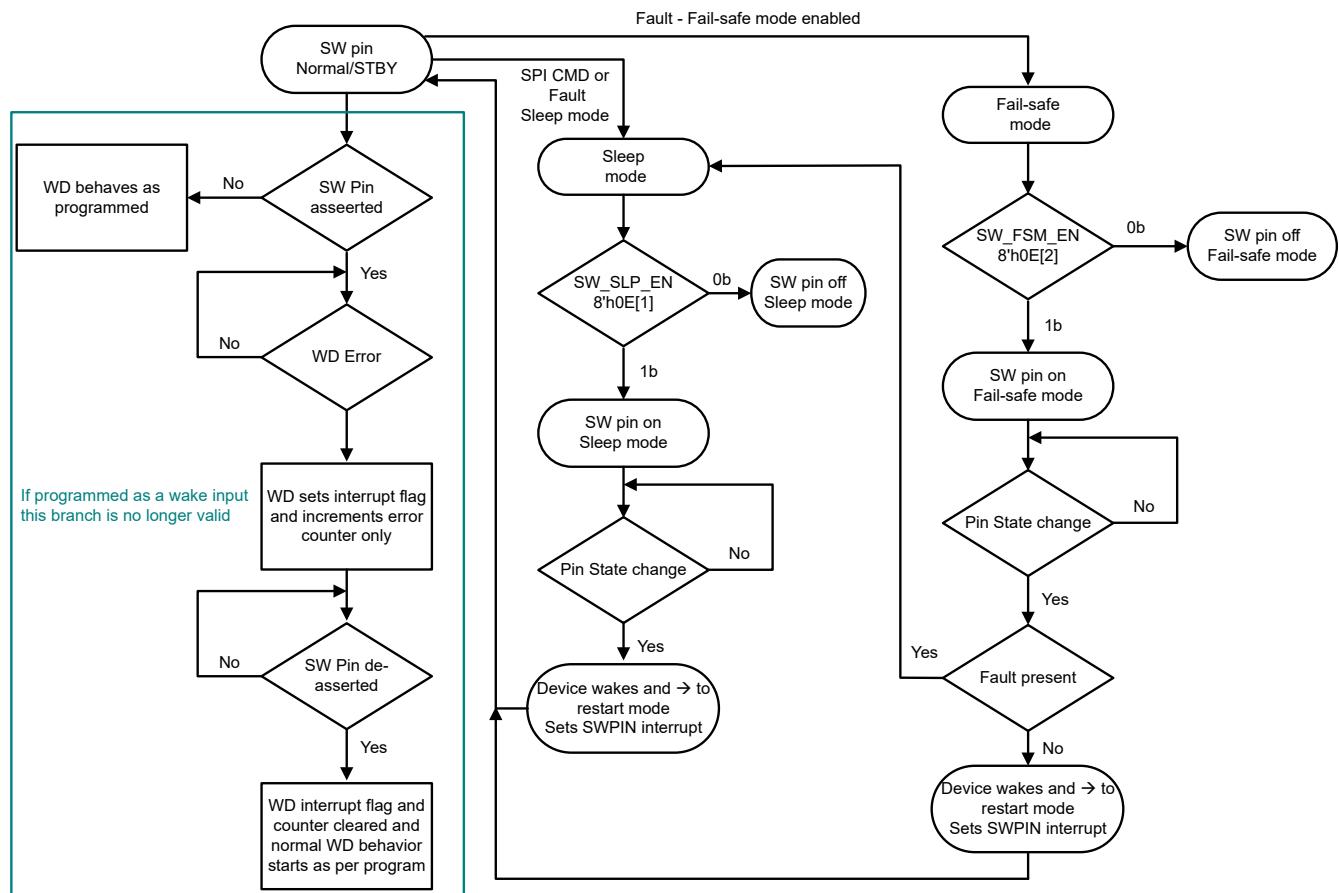


図 4-1. SW ピンの状態図 — デジタル ウエークを含む

5 周期的なウェークアップ

すべてのウェーク方法が外部信号を必要とするわけではありません。一部の **SBC** デバイスには、**SBC** を定期的にウェークアップするために使用できる内部タイマが内蔵されています。この考え方は「周期的ウェークアップ」と呼ばれ、**SBC** 内蔵のタイマを設定して定期的な間隔でウェークアップさせる方法です。タイマの詳細は **SBC** デバイスごとに異なりますが、TCAN28xx-Q1 や TCAN24xx-Q1 のミッドレンジ **SBC** ファミリでは、10 ビットタイマが使用されています。システムで周期的ウェークアップを利用する方法を理解するには、**SBC** の異なるモードごとの動作の違い、デバイスのモードに応じたウェークアップ方式の反応、設定可能なオプション、そして最後に周期的ウェークアップ方式をシステムに採用できる理由を理解する必要があります。

一般的に、ほとんどの **TI SBC** にはいくつかの異なるモードがあります。これらは、直接切り替えることができない状態間の遷移モードとしてグループ化できます。これらには、デバイス電源オン時の初期化状態や、デバイスがスタンバイに移行するために遷移する必要がある再起動状態などがあります。過渡状態を超えると一般に 3 つの動作モードもあり、それぞれスタンバイモード、通常モード、スリープモードです。スタンバイモードでは、デバイスはオンで機能しますが、通信が発生していません。これは、デバイスが電源投入後に入る待機/アイドルモードです。**SBC** がスタンバイモードに入ると、ロング ウィンドウ ウオッチドッグタイマが起動し、スタンバイモードにとどまるにはこのタイマを正しくトリガする必要があります。そうしないと、デバイスは再起動し、場合によってはフェイルセーフモードやスリープモードに入る可能性があります。通常モードでは、バス通信を含めてデバイスが完全に機能しています。スリープモードは低消費電力モードで、**SBC** の大部分がシャットダウンされますが、バス通信やデバイスが完了する必要のあるシステム機能がある場合にはウェークアップできます。最後に、一部の **SBC** にはフェイルセーフモードもあり、これはスリープモードに似ていますが、デバイスがスタンバイモードに戻る際の制約がより厳しく、フェイルセーフモードに入る原因となった故障を解消する必要があります。これを説明するために、TCAN2847-Q1 ミッドレンジ **SBC** デバイスを用いて、**SBC** の動作モードに応じた周期タイマの一般的な機能を示します。

周期的ウェークアップは、**SBC** デバイスの通常モード、スタンバイモード、スリープモード、フェイルセーフモードで使用可能ですが、**SBC** のモードによって機能は若干異なります。通常モードとスタンバイモードでは、周期的ウェーク機能も同じです。内蔵のタイマ 1 またはタイマ 2 のどちらかを選択し、タイマオン時間が設定された後、タイマは、プログラムされたオン時間の間、割り込みピン (TCAN2847-Q1 の nINT ピン) によってプログラムされたオンタイマ 1/2 の開始時に Low にプルされます。**SBC** は最初のオンタイム期間を無視しますが、その後の各期間では、割り込みピンを使用してホストプロセッサに割り込みフラグが発生したことを通知します。一般的に、このような方法で周期的ウェークアップを使用することは、スリープモードで使用する場合ほど一般的ではありませんが、それでも可能です。スリープモードでは、一般的な設定や構成はスタンバイモードや通常モードと同じですが、重要な違いは、デバイスがオンタイム期間にどのように反応するかです。タイマがオンタイム期間に入ると、**SBC** はウェークアップし、リストアモードに移行します。VCC1 が利用可能になると、ウェークアップを認識するための割り込みフラグが生成され、その後スタンバイモードに移行します。スタンバイモードに入ると、ロング ウィンドウ ウオッチドッグタイマが開始され、ホストプロセッサはタイマを正しくトリガする必要があります。そうしないと、デバイスはスリープモードに戻り、次のオンタイム期間またはタイマ 1/2 の信号を待つことになります。

周期的ウェークアップは、フェイルセーフモードからデバイスをウェークアップするためにも使用できますが、設定可能なオプションは通常より制限されます。フェイルセーフモードはスリープモードに似ていますが、デバイスは、フェイルセーフモードに入った原因となった故障が解消されるか、システムが電源サイクルされるまでモードを終了できません。

TCAN28xx-Q1 ミッドレンジ **SBC** ファミリを見ると、フェイルセーフモードでも周期的ウェークアップは使用可能ですが、オンタイム期間のオプションは 500ms、1s、または 2s に制限されています。フェイルセーフモードで周期的ウェークアップタイマが ON 期間に入ると、デバイスは故障が解消されているかを確認します。解消されていない場合、このプロセスは繰り返され、スリープ ウェーク エラー (SWE) タイマが期限切れになると、デバイスはスリープモードに移行します。

では、複数の他のウェイク方法があるシステムで、なぜ周期的ウェークアップが使われるのでしょうか？用途によって理由は異なりますが、最も一般的な実装の一つは、スリープモードで周期的ウェークアップを使用する方法です。これにより、設計者はローカル WAKE ピンでイベントが発生しなくても、低消費電力モードやスリープモード中にシステムの状態を定期的にチェックすることができます。また、ホスト MCU やコントローラが直接ポーリングすることなく、故障の有無を間接的に確認することで、フェイルセーフモードから制御された方法で抜け出す手段も提供します。スタンバイモードや通常モードでは、周期的ウェークアップを使用して経過時間をホスト MCU やプロセッサに通知することができ、ホスト

MCU やプロセッサはこの情報を使って SBC デバイスの設定を変更することができます。たとえば、単純に CAN トランシーバをオンにしてバス通信を有効にする、といった変更が考えられます。

6 外部コンポーネントを使用した周期ウェークアップ用タイマの延長

システムで周期的ウェークアップを使用することには多くの利点があり、ユーザがそれを採用したいと考える明確な理由があります。現在、TI の SBC に実装されている周期タイマの最大タイマ周期は 2 秒です。多くの使用事例では、最大期間 2s で十分です。しかし、主電源がバッテリ由来であり、システムが低消費電力のスリープモードにある状況を想像してみてください。このようなアプリケーションでは消費電流が極めて重要であり、デバイスが周期タイマによってウェークアップするたびに、高消費電力の動作モードへ移行するため、供給電流が一時的に増加します。消費電流を考慮し、システムが一度に数時間低消費電力モードにあると仮定します。もし電力消費のスパイクが 2 秒ごとに発生すれば、時間の経過とともにバッテリーの持続時間に悪影響を及ぼす可能性があります。一般に、これらの設計では、ウェークタイマ期間を 2 秒以上に長くすることもできます。タイマ周期を長くすることで、スリープモード中のデバイスのポーリング回数を減らし、全体的な消費電流を抑えることができます。TCAN24xx-Q1 や TCAN28xx-Q1 など、タイマ周期の設定オプションが限られているもののローカル ウェークアップ ピンを備えた TI の SBC デバイスでは、外部回路を用いることでウェークタイマ周期を延長できます。

一見すると、このシステム要件に対する設計は単純です。SBC 内蔵のタイマ周期が十分に長くないため、外部タイマを使用すればよいというものです。外部タイマの出力を SBC のローカル WAKE ピンに接続することで、ウェークタイマの周期を長くするという目的を達成できます。このようなアプリケーションでは、SBC はスリープモード中であり、SBC 内蔵のレギュレータはすべてオフになっているため、外部タイマをこの間 SBC から給電することはできません。つまり、タイマは車載システムで一般的な 12V のバッテリから電力を供給する必要があります。一方、SBC は最大 28V まで耐えられます。同様の考慮事項を踏まえて外部タイマを選定します。入力電圧要件に基づき、TLC3555-Q1 などの 555 タイマ デバイスが適しています。

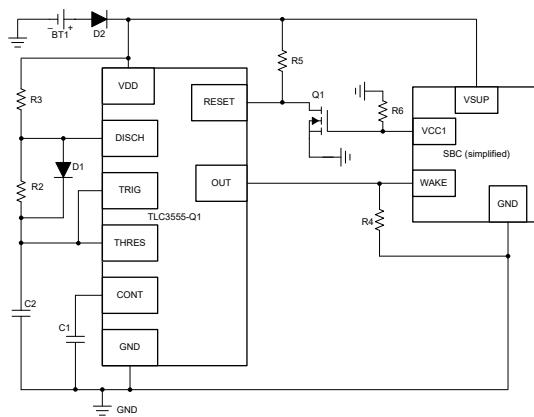


図 6-1. 555 タイマを用いた周期ウェークタイマの延長

この設計は、従来の 555 タイマをベースにしており、安定構成で動作します。RC 部品を調整することで、簡単にタイミングを設定できます。SBC が動作状態のとき、VCC1 出力が NMOS をオンにしてタイマをリセット状態にし(出力を強制的に Low にする)、そのため通常動作中は 555 タイマはリセット状態にあります。SBC がスリープ状態になると、VCC1 はオフになり、555 タイマは回路の RC 構成に基づいて OUT ピンにパルスを送信し始めます。555 タイマからのこの出力パルスは、SBC 内蔵タイマの最大値である 2 秒を超えることができます。ウェークピンを、Low-High-Low のパルス、または Low から High への遷移のいずれかを検出する設定に切り替えます。デフォルトでは、多くの SBC はエッジ検出です。

この方法を採用する際には、設計上 2 つの考慮事項があります。1 つ目の考慮点は、TLC3555-Q1 の電源入力耐圧が最大 20V であり、それを超えるとデバイスが損傷するおそれがあることです。12V の車載システムでは、TI の SBC が 28V である理由から、一般的な過渡に対してはこの点は十分ではありません。2 つ目の考慮点は、低消費電力設計に関するものです。多くの車載アプリケーションでは、スリープ時の電流が 100uA 未満であることが一般的な要件です。

TLC3555-Q1 のスリープ電流は入力電圧 12V の場合に 240uA ~ 310uA の最悪値となる可能性があり、100uA の上限には収まらないため、この 100uA の制限はシステム要件です。100uA のスリープ電流が必要な場合、この問題に回避方法があります。

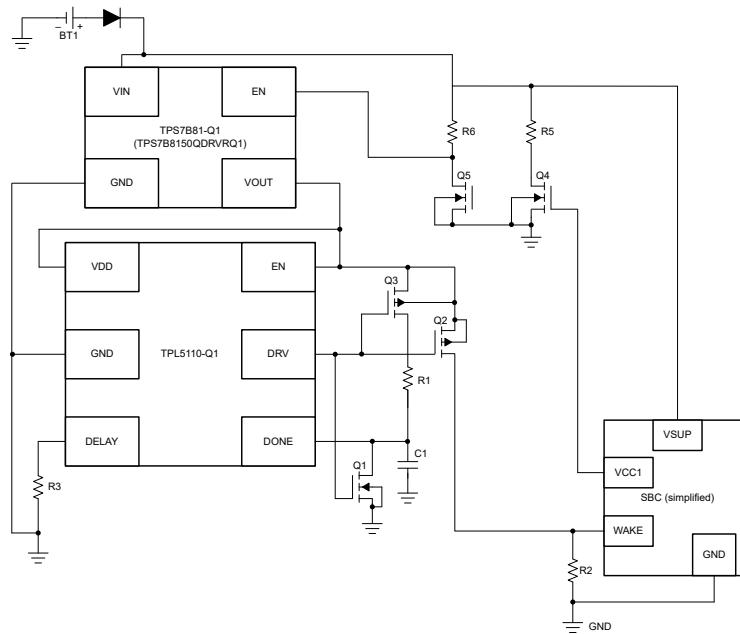


図 6-2. TI SBC における低消費電力拡張周ウェーク タイマの実装

調整後の設計はより複雑になりますが、基本的な考え方は前述の構成と同じです。SBC がスリープモードに入ると、タイマは RC 構成に基づいてウェークピンにパルスを送信し始めます。低消費電力を実現するには、TPL5110-Q1 のような低入力電圧対応タイマを使用する必要があります。このタイマは 5V 動作のため、システムの標準入力電圧である 12V を 5V に降圧する必要があります。システムがスリープモード中でも 5V 電源レールを生成するために、LDO (TPS7B81-Q1 など) を使用できます。ただし、回路図から、設計の際に考慮すべき事項がいくつかあります。R3 を使用して間隔を設定します。間隔は 100ms ~ 7200s (2 時間) です。タイマのオンタイム中に DRV ピンが Low になり、5V 信号を WAKE ピンに接続する PMOS がオンになり、ウェーク信号を開始します。しかし、パルス幅はどうすればよいでしょうか？答えは DONE ピンの動作にあります。DONE ピンがアクティブ High パルスを受け取ると、DRV ピンが High レベルに戻ります。DONE ピンを使用しない場合、パルス幅は 50ms (標準値) の周期です。これを制御するために、PMOS (Q3) と NMOS (Q1) の 2 つの MOSFET を追加しています。ドライブ期間の開始時に、Q3 は R1 および C1 で構成された RC タイミング回路に信号を送信し始めます。C1 の電圧が所定のレベルに達すると、DRV ピンが High に戻り、Q3 をオフにして、同時に Q1 をオンにし、DONE ピンの電圧をグラウンドに戻します。これにより、Q1 が再びパルスを再開できるようになります。パルス幅は、RC 時定数にある係数を掛けた値になります。では、LDO はどう関係していますか？そしてなぜタイマと直接接続されていない 2 つの MOSFET が回路内に存在しますか？その答えは非常に簡単です。スリープモードの LDO は、スリープモードでのみイネーブルにする必要があります。これを実現するために、2 つの NMOS デバイス (Q4 と Q5) がインバータを構成し、VCC1 (3.3V または 5V) がアクティブなとき(つまりスリープモードやフェイルセーフモードでないとき) は VCC1 によって LDO がオフにされ、VCC1 がオフになると LDO がオンになってタイマに電力を供給します。この設計により、VCC1 のオン / オフのみ、期間、パルス幅、LDO 制御の完全な制御が可能です。この設計には、555 タイマベースの設計とは異なり、消費電力を節約できるという利点もあります。

7 周期的検出ウェーク

周期的検出ウェーク機能は、多くのミッドレンジ SBC に統合されたもう 1 つの潜在的ウェーク機能です。周期的検出ウェークは、ハイサイドスイッチ (HSS) 出力 (通常は HSS4)、内部タイマ、1 本の WAKE ピン、そしてウェーク条件を示 Low 信号を出力するウェーク起動ソースを組み合わせて使用します。周期的検出ウェーク機能は、6 つのピンまたは部品に簡素化できます。

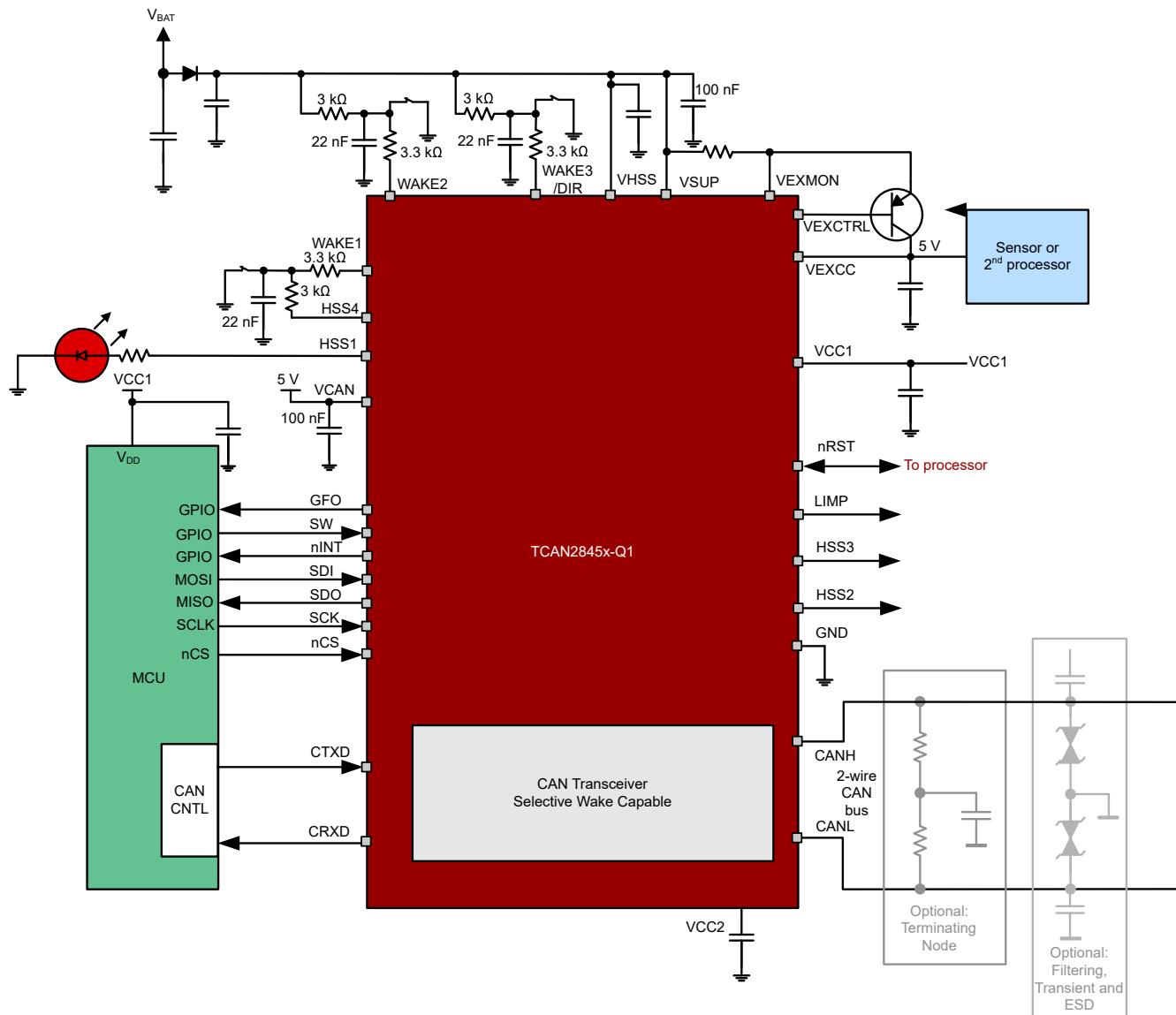


図 7-1. WAKE1 および HSS4 の周期的検出ウェーク接続を示すアプリケーション図

周期的検出モードは、WAKE 回路が HSS モジュールのオンタイム中のみアクティブになっている間に、スリープモード中の消費電力を制限するために使用されます。一般に、HSS モジュールは、VSUP からの動作する電流量がわずかになるようなデューティサイクルを非常に小さくしています。周期的検出ウェークによる消費電力は、VSUP および VHSS に接続された HSS モジュールのリーク電流 (VSUP と VHSS が短絡していると仮定)、タイマ設定電流、ウェーク回路のリーク電流、そして HSS 出力ピンからの電流で構成されます。これは次の式で簡略化できますが、可能なすべての電流消費は含まれているわけではありません。

$$I_{cyclicsensewake} = \alpha + DC \times (ISUP_{HSS} + IHSS_{NOLOAD} + I_{SUP-WAKE}) + I_{LOAD-HSS} \quad (1)$$

これらの用語は、2つを除き、データシートに直接掲載されています。ただし、データシートに含まれていない値を求ることは可能です。データシートでは、ISUP_HSS、IHSS_NOLOAD、および ISUP_WAKE が示されています。たとえば TCAN2847-Q1 デバイスでは、ISUP_HSS が標準値 35 μ A、最大値 60 μ A ($TJ \leq 85^\circ C$)、IHSS_NOLOAD が標準値 100 μ A、最大値 140 μ A ($TJ \leq 85^\circ C$)、ISUP_WAKE が標準値 1 μ A、最大値 2 μ A ($TJ \leq 85^\circ C$) に設定されています。他の仕様は導出する必要があります。 α はタイマ設定電流を示す一般的な仮定値であり、直接は規定されていませんが、別の仕様である $I_{SUPCSWAKE}$ (周期検出ウェーク時に追加される電流) に含まれています。TCAN2847-Q1 の場合、この値はデューティサイクル 1% で、代表値 5 μ A、最大値 8 μ A ($TJ \leq 85^\circ C$) に設定されています。この仕様は、次の式の計算結果にすぎません。

$$\begin{aligned} I_{SUPCS-WAKE} &= \alpha + DC \times I_{SUPHSS} \quad \alpha = I_{SUPCS-WAKE} - DC \times I_{SUPHSS} \quad a = 5\mu A (typ) - 0.01 \times (35\mu A (typ)) \\ &= 4.65\mu A \quad \alpha = 8\mu A (MAX) - 0.01 \times (60\mu A (MAX)) = 7.4\mu A \end{aligned} \quad (2)$$

その他の類似 SBC の場合、同じ分析を適用して、デバイスごとに特定の α を見つけることができます。もう1つの仕様は、HSS ピンの負荷です。先の例に立ち返ると、ピンを Low に強制する外部要因がない場合、電流は極めて小さくなります。ただし、外部要因でピンが Low に引き下げられる場合、電流はおおむね $I \approx VHSS / 3k$ となり、たとえば $VHSS = 12V$ なら WAKE ピンノードが 0V に落ちたとき HSS から約 4mA が引き出されます。基本的に、ウェーク要因が加わっている間は大きな電流が流れる可能性がありますが、ノードがプルアップされているときの HSS ピンからの負荷はごくわずかで、通常は 1 μ A ~ 3 μ A 程度です。

デューティサイクルが小さいほど総消費電力は小さくなりますが、その分ウェークピンを監視できる時間のウインドウが短くなり、ウェーク条件を見逃す可能性が高くなるというトレードオフがあります。

8 CAN BWRR

次のウェークアップ方法は「CAN バス ウェイク受信要求(BWRR)」であり、これはほとんどの CAN 対応トランシーバおよび SBC に搭載されています。この方法を使用して、SBC と内蔵 CAN トランシーバの両方をウェークアップできます。SBC を起動させようとする場合、SBC はスリープモードにあり、CAN トランシーバがウェーク機能を備えている必要があります。SBC がスリープモードではなく、スタンバイモードまたはノーマルモードにある場合でも、トランシーバにウェーク機能が備わっていれば、BWRR によって CAN トランシーバを起動させることができます。BWRR はウェークアップパターン(WUP)によって開始され、フィルタ処理されたドミナントビット、続いてフィルタ処理されたレセシティブビット、そして再びフィルタ処理されたドミナントビットで構成されます。WUP 内のフィルタビットは、CAN ネットワークの標準ビット長よりも長く設定されているため、WUP パルスの合間に通信が行われても、WUP は有効なものとして認識されます。

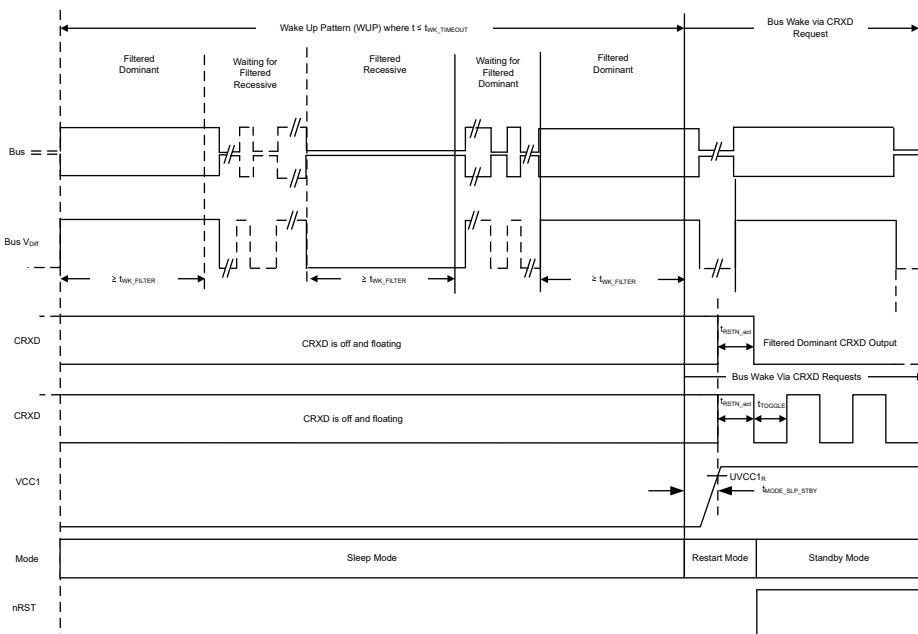


図 8-1. CAN BWRR の図 (TCAN28xx、TCAN24xx ファミリ)

9 部分的ネットワーキング

部分ネットワーキングは、一部の CAN ベースの SBC グループおよび一部の CAN ベースのトランシーバ グループ向けに用意された中程度の省電力モードです。部分ネットワーキングでは、特定のトランシーバやノードだけをオンにし、CAN バス上の他のノードはオフのままにすることが可能です。トランシーバやノードの一部だけをオンにすることで、システム全体の消費電力を削減できます。選択的ウェーク / 部分ネットワーキング アプリケーションでは、どのデバイスをウェークアップさせるかを正確に制御するために、最大で 3 種類の部分ネットワーキング条件を実装できます。これらは ID 検証、DLC 検証、およびデータ検証です。ただし、ほとんどのユースケースでは、一般的にはほとんどのシステムで十分な制御が行われるため、ID 検証のみを使用します。

デバイスを部分ネットワーキング用に設定した後 (設定方法は該当デバイスの指示を確認)、部分ネットワーキングを有効にしたままデバイスをスリープ状態にすることができます。部分ネットワーキングは、WUP (CAN BWRR の項で説明したものと同じ特性を持つウェークアップ パターン) を受信するまで検証プロセスを開始しません。最後のフィルタ済みの支配的なビットを受信すると、デバイスは検証プロセスを開始します。この検出位相では消費電流が大幅に増加します (たとえば、部分ネットワーキングが中程度の省電力モードにとどまる理由です)。最初のチェックは ID 検証です。従来、これは 11 ビットの二進文字列で、デバイスの優先度を示すために使用されます。設定段階では、各 CAN トランシーバ デバイスに ID が割り当てられるとともに、ID マスクを追加するオプションもあります。ID 検証は、デバイスの独自 ID と ID マスクの組み合わせで実行されます。ID マスクは、特定の ID ビットが関連しているかどうか、または無視するかどうかを示します。たとえば、デバイス ID が 0b00011000101 で、ID マスクの値が 0b1111111110 の場合、マスクの 1 は ID の無視するビットを示し、0 は一致させる必要があるビットを示します。これにより最終的な ID チェックは 0bxxxxxxxxx01 となるため、ウェークアップを要求するデバイスの ID は、最後の 2 ビットが 0b01 でなければ、正しい ID として認識されません。正しい一致の例としては 0b11100011101 や 0b1010101010101 があり、ID 値 0b00011000110 は一致しません。ID が一致し、DLC とデータの検証が有効になっていない場合、デバイスはウェークアップします。ID は 29 ビットの拡張アドレスとしても使用でき、部分ネットワーキングをサポートするほとんどの最新デバイスは、従来の 11 ビット ID と 29 ビット拡張 ID の両方に対応しています。

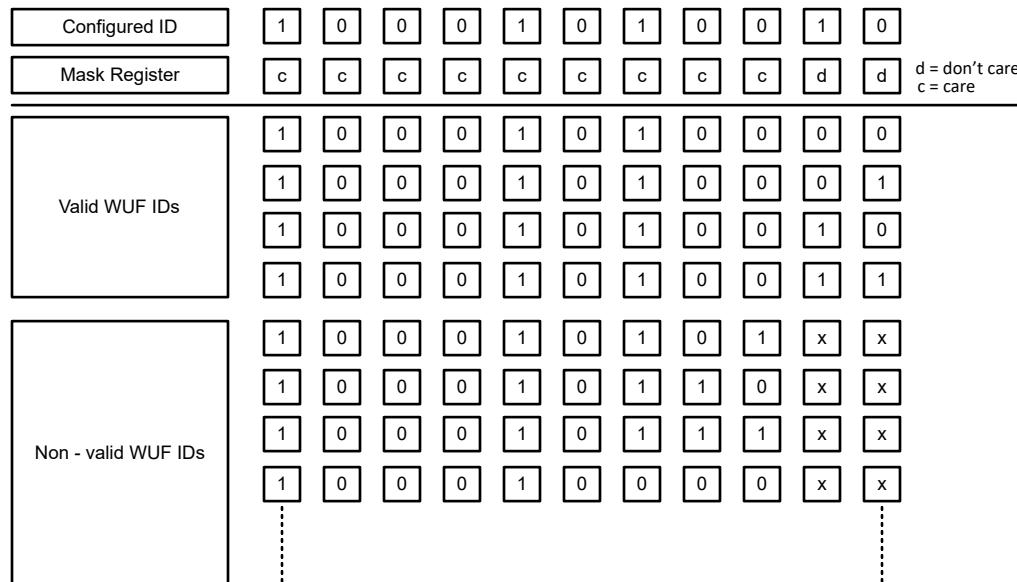


図 9-1. ウェイクアップ フレーム (WUF) 用の ID と ID マスクの例

データ長コード (DLC) とデータの検証が有効になっているかどうかを検証する次のステップは、これらの値を確認および検証することです。DLC は、ウェークアップ メッセージで送信されるバイト数です。DLC コードは、ウェークアップ メッセージ内のバイト数を示します。この値は 0 バイトから 8 バイトの範囲で設定できます。これはデータ検証と同時にチェックされます。データ検証は、まずデバイス上のデータレジスタを設定し、マッチさせるためのテンプレートを作成することから始まります。一致と認識されるためには、同じバイト内の同じビット位置に、少なくとも 1 ビットの論理 1 が一致している必要があります。

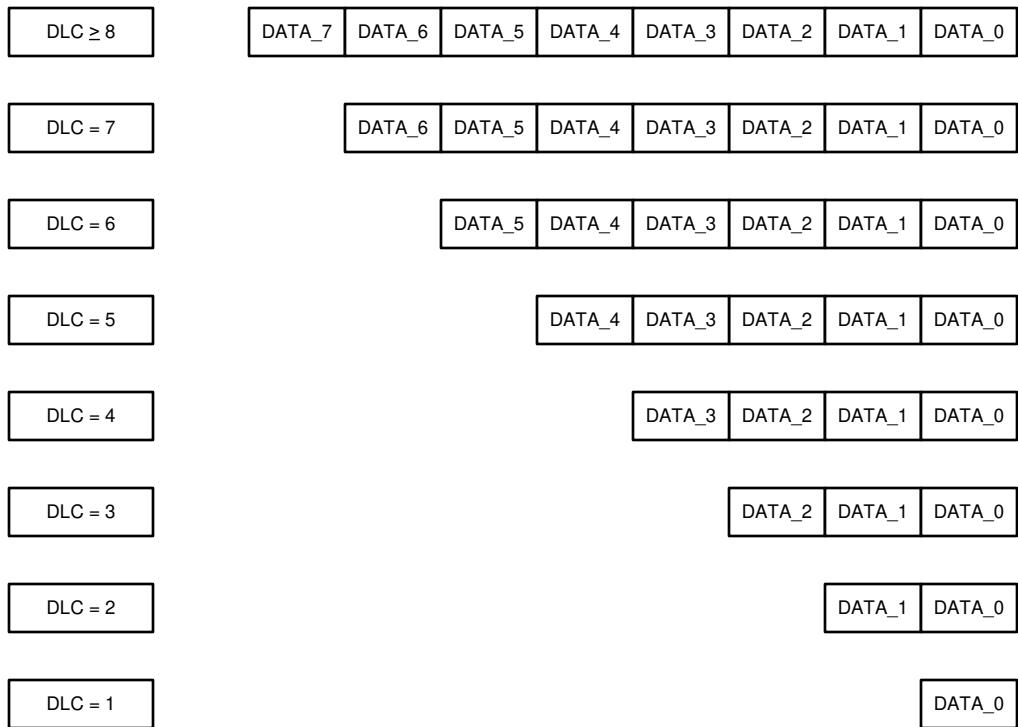


図 9-2. DLC からデータ バイト

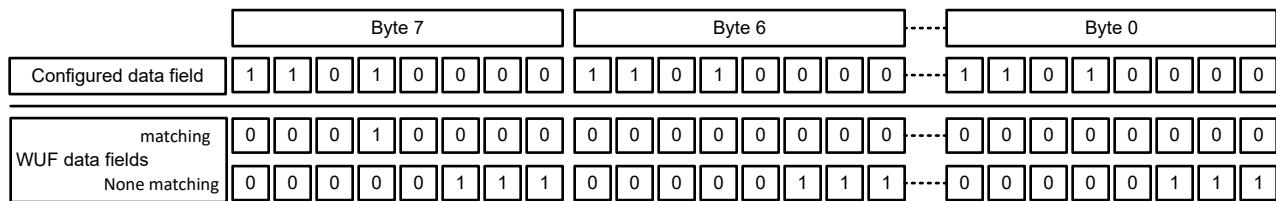


図 9-3. データ検証の例

10 まとめ

SBC には、デバイスをウェークアップする複数の方法があることに注意してください。これらの手法の中には、ディスクリート型トランシーバだけでなく、SBC に統合されたタイプにも適用できるものがあります。こうした多様な方法により、設計者はアプリケーションの要求に応じて、デバイスを低消費電力スリープ モードからどのように復帰させるかを柔軟に選択できます。ローカルの高耐圧 WAKE ピン、デジタル ウェークアップ、ウェーク用の内蔵タイマ、さらに CAN バス経由での単純な BWRR や、より複雑な部分ネットワーキング方式によるウェーク機能を組み合わせることで、設計者は TI の SBC を使って堅牢な制御システムを構築するための手段を得ることができます。ウェーク方法を理解した後、設計者は車載環境や産業用環境でさまざまな使用事例を実装できます。

11 参考資料

- Hubbard, Richard、テキサス インスツルメンツ、[選択的ウェークが部分ネットワーキングを可能にする仕組み](#)、アプリケーション ノート。
- テキサス インスツルメンツ、[TCAN241x-Q1 車載用、降圧レギュレータおよびウォッチドッグ内蔵 CAN FD システム ベース チップ \(SBC\)](#)、データシート。
- テキサス インスツルメンツ、[TCAN245x-Q1 車載用、降圧レギュレータおよびウォッチドッグ内蔵、信号改善対応 CAN FD システム ベース チップ \(SBC\)](#)、データシート。
- テキサス インスツルメンツ、[TCAN284x-Q1 ウェーク入力およびハイサイドスイッチを備えた車載 CAN FD / LIN システム ベース チップ \(SBC\)](#)、データシート。
- テキサス インスツルメンツ、[TCAN285x-Q1 ウェーク入力およびハイサイドスイッチを備えた車載 CAN FD SIC / LIN システム ベース チップ \(SBC\)](#)、データシート。
- テキサス インスツルメンツ、[TLC3555-Q1 車載用高速 CMOS タイマ](#)、データシート。
- テキサス インスツルメンツ、[TMAG5131-Q1 車載用、低消費電力、高精度、ホール効果スイッチ](#)、データシート。
- テキサス インスツルメンツ、[AEC-Q100 準拠ナノパワー システム タイマ\(パワーグーティング用\)](#)、データシート。
- テキサス インスツルメンツ、[TPS7B81-Q1 車載用、150mA、オフバッテリ、超低 IQ \(3μA\)、低ドロップアウトレギュレータ](#)、データシート。

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默示保証、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、明示的または默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 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

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默示保証、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、明示的または默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、(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