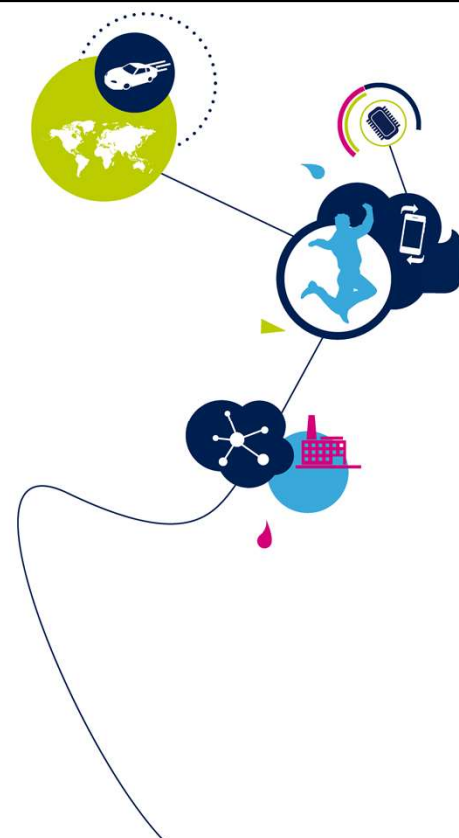


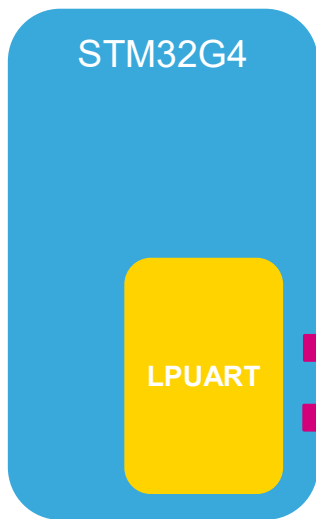
# STM32G4 – LPUART

低電力ユニバーサル非同期レシーバ/トランスミッタ・インタフェース

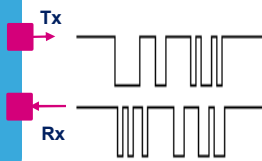
1.0 版



こんにちは。STM32 低電力ユニバーサル非同期レシーバ/トランスミッタインタフェースのプレゼンテーションへようこそ。ここでは、シリアル通信に広く使用されている、このインタフェースの主な機能について説明します。



- LPUART (Low Power Universal Asynchronous Receiver/Transmitter)  
低電力ユニバーサル非同期受信/送信機
  - 低速32.768kHzの外部オシレータ(LSE)使用時、9600ボーでフルUART通信  
STOPモードからのウェイクアップ機能
- 他のクロックソースで、より高いボーレートも可能



### アプリケーション側の利点

- デバイス間の安価な通信リンク
- 数本のピンしか必要としないシンプルなハードウェア
- 低電力のSTOPモードからウェイクアップ
- 送受信FIFO STOPモードでの送受信が可能

低電力ユニバーサル非同期レシーバは、LPUART が低速の外部 32.768kHz オシレータ(LSE)を使用してクロック供給されているとき、9600ボーでのフル UART 通信を提供します。LSE クロックとは別のクロックソースによってクロック供給すると、さらに高いボーレートを達成できます。アプリケーションは、少数のピンしか必要としない容易で安価なデバイス間の接続を利用できます。さらに、LPUART ペリフェラルは、低電力モードで機能します。送受信 FIFO を備えているため、STOP モードでの送受信が可能です。

- 完全にプログラム可能なシリアル・インタフェース
  - データは、7、8、または 9bit
  - パリティ: 偶数、奇数、パリティなし
  - ストップビット1bit または 2bit
  - データ順をプログラム可能 (MSBファースト/LSBファースト)
  - 送信と受信の信号極性をプログラム可能
  - プログラム可能なボーレート・ジェネレータ
- データ送信および受信用の 2 つの内部 FIFO
- RS-232およびRS-485ハードウェア・フロー制御をサポート



LPUART は完全にプログラム可能なシリアルインタフェースであり、データ長、自動的に生成およびチェックされるパリティ、ストップビットの数、データ順、送受信の信号極性、ボーレートジェネレータなどの機能を設定できます。

LPUART は FIFO モードで動作でき、送信 FIFO と受信 FIFO を備えています。

RS-232 および RS-485 ハードウェアフロー制御オプションをサポートします。

- デュアル・クロック・ドメイン設定可能:
  - UARTがSTOPモードからのウェイクアップを駆動
  - PCLKIに依存しない便利なボーレート・プログラミング
- マルチプロセッサ通信
- 単線半二重通信
- 最大ボーレートは次のとおり
  - lpuart\_ker\_ckがLSE 32.768 kHzの場合は9600 ボー
  - lpuart\_ker\_ckが100MHzの場合は33.3メガボー
  -



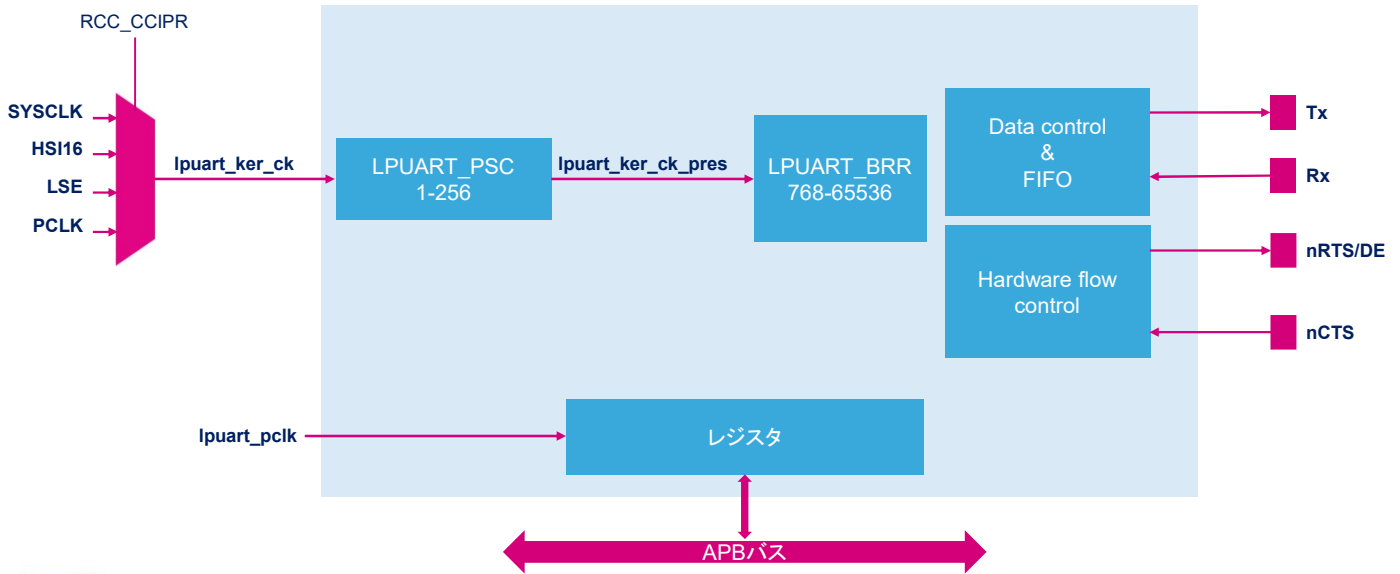
LPUART はデュアルクロックドメインをサポートするため、STOP モードからのウェイクアップと、ペリフェラルクロックに依存しないボーレートプログラミングが可能です。マルチプロセッサモードにより、LPUART はアドレス指定されていないときにはアイドル状態のままです。全二重通信のほかに、単線半二重モードもサポートします。最大ボーレートは、クロックソースがLSEの場合は9600bps、lpuart\_ker\_ckクロックが100 MHzの場合は33.3Mbpsです。

# STM32G4 USART/UART/LPUART機能

USART機能	USART1/2/3	UART4/5	LPUART
モデムのハードウェア・フロー制御	X	X	X
マルチプロセッサ通信	X	X	X
同期モード (スレープ/マスタ)	X	-	-
スマートカード・モード	X	-	-
単線半二重通信	X	X	X
IrDA SIR ENDEC	X	X	-
LINモード	X	X	-
デュアル・クロック・ドメインとSTOPモードからのウェイクアップ	X	X	X
レシーバ・タイムアウト	X	X	-
Modbus通信	X	X	-
自動ボーレート検出	X	X	-
ドライバの有効	X	X	X
データ長	7、8、9ビット		
TX/RX FIFO	X	X	X
TX/RX FIFOサイズ(バイト)	8		



STM32G4 デバイスは、1つのLPUARTを内蔵します。  
 USART と比較して、LPUART は同期モード、スマートカード  
 モード、IrDA モード、および LIN モードをサポートしていません。  
 レシーバタイムアウト、Modbus通信、自動ボーレート検出機  
 能もサポートしていません。



これは LPUART ブロック図です。

LPUART クロック (lpuart\_ker\_ck) は、ペリフェラルクロック (APB クロック)、システムクロック、高速内部 RC オシレータ (HSI16)、低速外部 32.768kHz クリスタルオシレータ (LSE) など、複数のソースから選択できます。

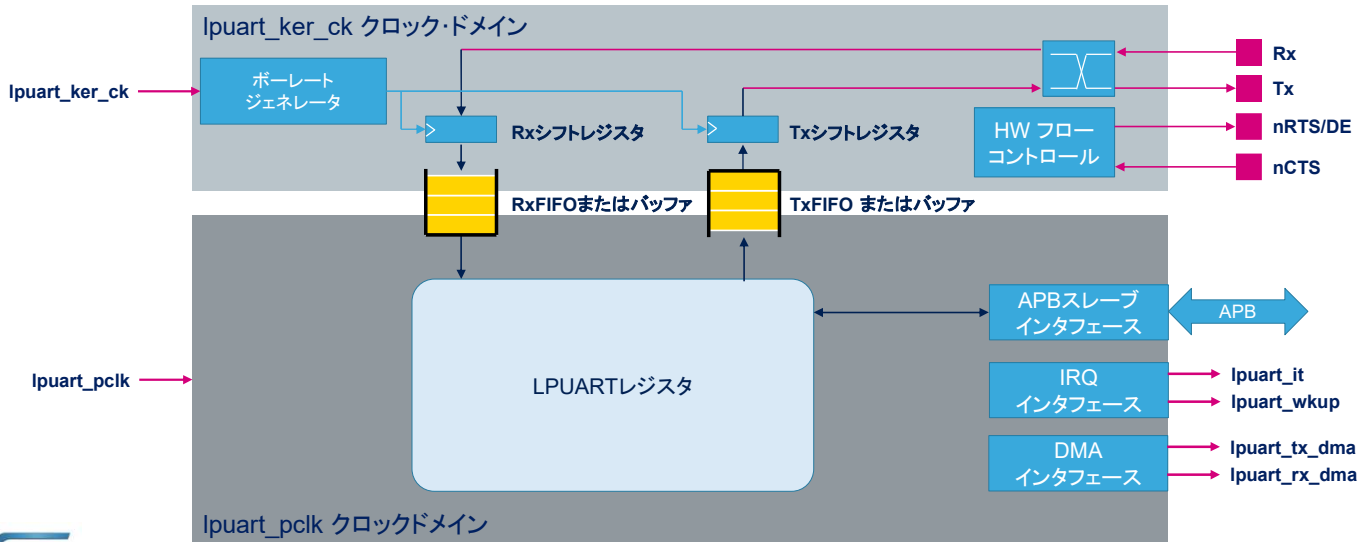
LPUART クロックソースは、1 ~ 256 の範囲の LPUART\_PSC レジスタでプログラム可能な係数で分周されます。

Tx および Rx ピンは、データ送信とデータ受信に使用されます。

nCTS および nRTS ピンは、RS-232 ハードウェアフロー制御に使用されます。

ドライバインイーブル (DE) 信号は、nRTS と同じ I/O で使用でき、RS-485 モードで使用されます。

## PCLK再プログラミングから独立したボーレート・プログラミング



LPUART は、柔軟性の高いクロック制御スキームを備えています。

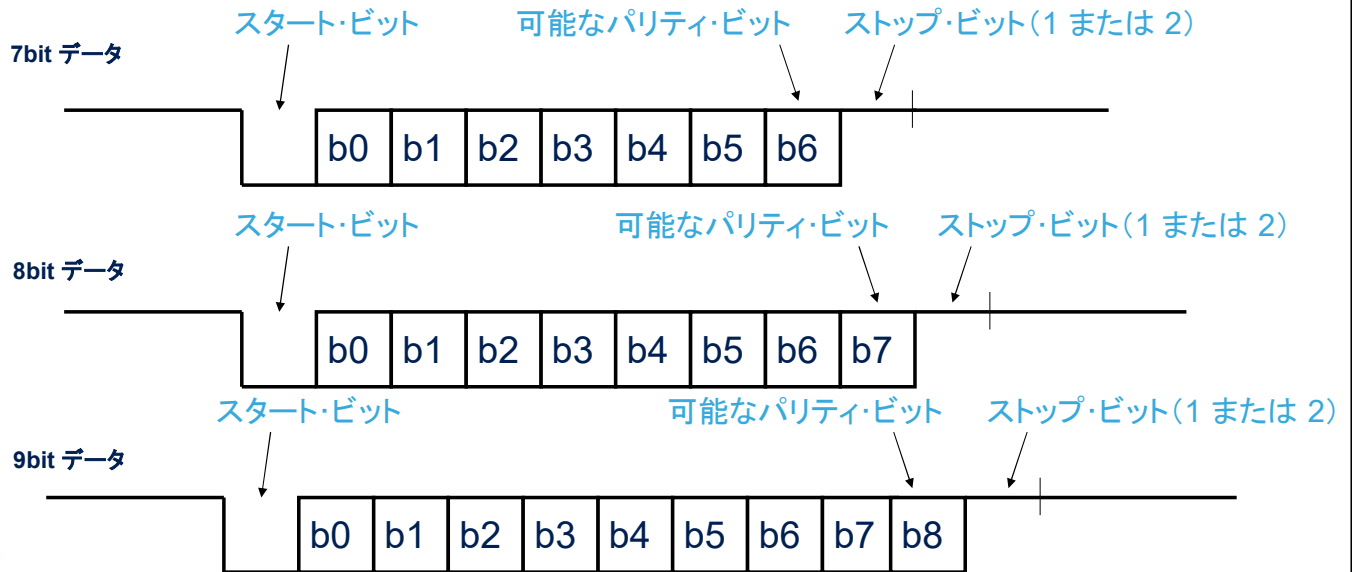
レジスタは APB バスを介してアクセスされ、カーネルは APB クロックから独立した lpuart\_ker\_ck (プリスケールされているか、または、クロックされていない) でクロックされます。

あるクロック・ドメインからもう一方のクロック・ドメインにデータを渡すために、8データFIFOが使用されるか、シングル・データ・バッファが使用されます。

LPUART ブロックは、メモリ バッファとの間でデータを転送する DMA 要求に依存できる APB スレーブです。

TXピンとRXピンの機能を交換できます。これにより、別の UART との有線接続の場合に動作します。

## サポートされるデータ長: 7、8、および 9ビット



フレームフォーマットは、一連のデータビットと同期のためのビットに加えて、オプションでエラーチェックのためのパリティビットで構成されます。

フレームはスタートビット 1bit(S)で始まり、ラインは 1bit 周期だけローに駆動されます。

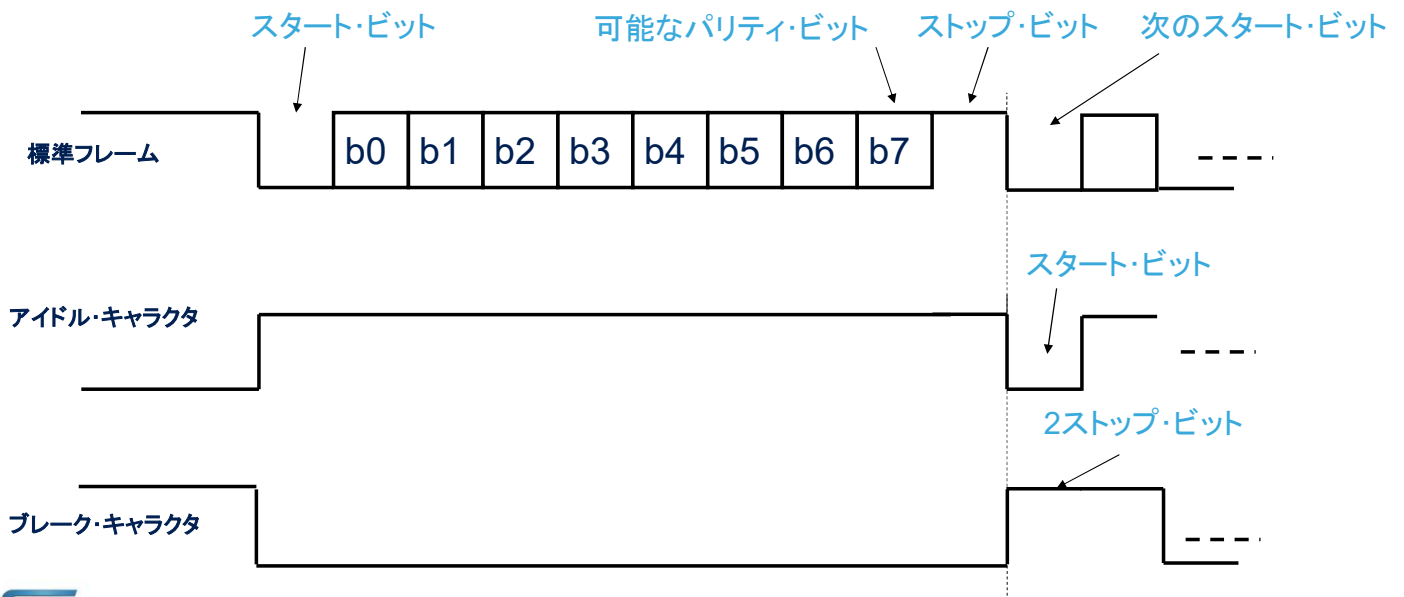
これがフレームの開始を通知し、同期のために使用されます。データ長は、パリティビットを含めた場合、9、8、または 7bit で設定できます。

最後に、1 または 2bit のストップビットがあり、ここでラインはハイに駆動されて、フレームの終了を示します。



# アイドル／ブレイク・キャラクタ

9



前のスライドでは、標準的なフレームを説明しました。このスライドは、1bit のストップビットで構成された 8bit データフレームの例を示しています。

アイドルキャラクタは、すべてが「1」のフレームとして解釈されます。

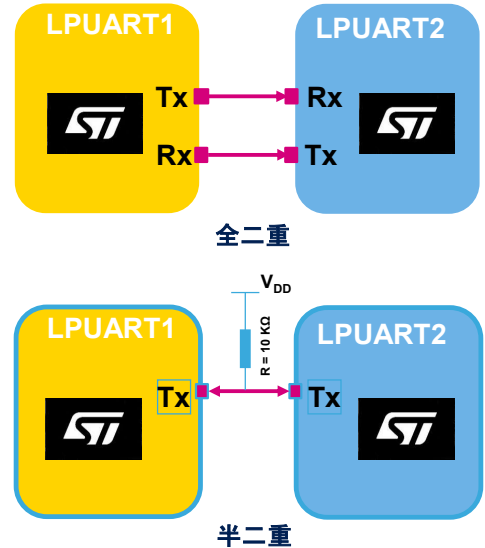
「1」の数にはストップビットの数も含まれます。

ブレイクキャラクタは、フレーム周期中、すべて「0」を受信することと解釈されます。

ブレイクフレームの終わりに、2ストップビットが挿入されます。

全二重: 二線  
半二重: 単線

- LPUART全二重通信
  - TxおよびRxラインが他方のインタフェースのRxおよびTxラインとそれぞれ接続
- LPUART単線半二重プロトコル
  - TxラインとRxラインが内部接続
  - Txピンは送信と受信の両方に使用

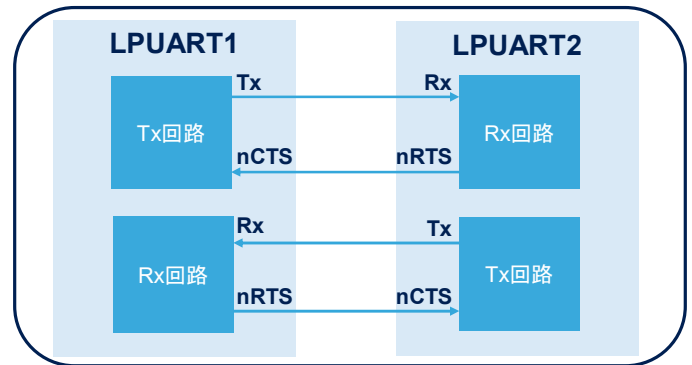


LPUART は全二重通信をサポートしています。Tx および Rx ラインが他方のインタフェースの Rx および Tx ラインとそれぞれ接続されます。

LPUART は、単線半二重のプロトコルに従うように設定することもでき、Tx および Rx ラインは内部接続されます。この通信モードでは、Tx ピンだけが送信と受信の両方に使用されます。データが送信されないときには、Tx ピンは常に解放されます。したがって、アイドルまたは受信状態では、標準 I/O として機能します。この用途では、I/O は、代替機能のオープンドレインモードの Tx で、外部プルアップレジスタで設定する必要があります。

## データアンダーラン/オーバーランを避けるためのハードウェア・ハンドシェイク

- RS-232 ハードウェア・フロー制御
  - nRTS (Request to Send) 出力のアサートは、レシーバがデータを受け入れる準備ができたことを示す
  - nCTS (Clear to Send) 入力のアサートは、トランスミッタが通信を続行できることを示す
  - 特に半二重システムで有用



RS-232 規格では、nCTS 入力と nRTS 出力を使用することによって、2 つのデバイス間のシリアルデータフローを制御できます。

この 2 つのラインにより、レシーバとトランスミッタは互いに状態をアラートできます。

このスライドは、このモードで 2 つのデバイスを接続する方法を示しています。

このアイデアは、半二重通信の場合の欠落またはデータの衝突を防止します。

両方の信号がアクティブローです。

## ハードウェア・ハンドシェイク

- マスタが方向信号を生成してトランシーバ(物理層(PHY))を制御する必要がある半二重システムで有用
  - この信号は物理層に送信または受信モードで動作しなければならないかどうかを通知
- DE(Driver Enable)ピンを使用して、外部 RS-485 バスドライバを有効化
- DE および nRTS 信号は、同じピンで使用可能



RS-485 のようなシリアル半二重通信プロトコルでは、マスタは方向信号を生成してトランシーバ(物理層)を制御する必要があります。

この信号は物理層に送信または受信モードで動作しなければならないかどうかを通知します。

RS-485 モードでは、外部トランシーバ制御を有効にするために、制御ライン「ドライバイネーブル」が使用されます。

DE 制御ラインは nRTS とピンを共有します。

## 複数のデバイス間の通信

- マルチプロセッサ通信では、目的のメッセージ受信者だけがメッセージを積極的に受信は禁止
- アドレス指定されていないデバイスをミュート・モードにすることが可能
- ミュート・モードを制御する2つの方法
  - アイドルライン検出
  - アドレスマーク検出



複数のプロセッサ間の通信を単純化するために、LPUARTは特殊なマルチプロセッサモードをサポートします。マルチプロセッサ通信では、目的のメッセージ受信者だけがメッセージを積極的に受信することが望ましいです。アドレス指定されていないデバイスをミュートモードにするには、2つの方法があります。アイドルラインまたはアドレスマークです。LPUARTがミュートモードを有効または無効にするには、2つの方法のいずれかを使用します。

- アイドルライン検出
- アドレスマーク検出

## STOPモードでも送受信

- FIFOモードは、ソフトウェアによって有効/無効化が可能
- 送信FIFO(TXFIFO)と受信FIFO(RXFIFO)
- TXFIFOとRXFIFOのサイズは16データ・ビット
- FIFOはカーネルクロックドメインにある → STOPモードでも送受信可能
- TXFIFOとRXFIFOの閾値



LPUART は、ソフトウェアによって有効化／無効化される FIFO モードで動作できます。デフォルトでは無効です。LPUART は送信 FIFO (TXFIFO) と受信 FIFO (RXFIFO) を備え、それぞれ 8データの深さです。

TXFIFO は 9bit 幅です。RXFIFO のデフォルト幅は 12bit です。

この理由は、レシーバは FIFO にデータを格納するだけでなく、各キャラクタに伴うエラーフラグ (パリティエラー、ノイズエラー、およびフレーミングエラーフラグ) も格納するためです。

TXFIFO と RXFIFO がカーネルクロックによってクロック供給される場合、STOP モードでもデータの送信と受信が可能です。

TXFIFO と RXFIFO の閾値を設定することができ、主に STOP モードからのウェイクアップ時のアンダーラン／オーバーラン問題を回避するために使用されます。

# STOP モードからのウェイクアップ

15

- LPUARTは、LPUARTクロックソースが以下のとき、MCUをSTOPモードからウェイクアップ可能
  - 高速内蔵 RCオシレータ(HSI)
  - 低速外付け32.768kHzクリスタル・オシレータ(LSE)
- ウェイクアップのソースは以下のいずれか：
  - 以下によってトリガされる特定のウェイクアップ・イベント
    - スタート・ビット
    - アドレス一致
    - 受信データ
  - FIFO管理が無効なときの標準RXNE割込み
  - FIFO管理が有効な場合にFIFOイベントが中断
    - RXFIFOフル、TXFIFOエンプティ、またはRXFIFO/TXFIFOがプログラムされた閾値に達したとき



LPUART は、LPUART クロックソースが HSI または LSE クロックのとき、MCU を STOP モードからウェイクアップできます。

ウェイクアップのソースは以下のいずれかです。

- スタートビットまたはアドレス一致または受信データによってトリガされる特定のウェイクアップイベント
- FIFO 管理が無効なときの RXNE 割込み
- FIFO 管理が有効なときのFIFO イベント割込み

割込みイベント	説明
送信データレジスタ・エンプティ	送信データレジスタが空であり、書き込み準備ができているときにセット
送信完了	データ送信が完了し、データレジスタとシフトレジスタの両方が空のときにセット
CTS	nCTS 入力が入力されたときにセット
受信データレジスタ・ノットエンプティ	受信データレジスタにデータがあり、読み出し準備ができているときにセット
アイドルライン	アイドルラインが検出されたときにセット
キャラクター一致	受信データがプログラムされたアドレスに一致したときにセット
STOP モードからのウェイクアップ	ウェイクアップ・イベント(スタートビットまたはアドレス一致または受信データ)が確認されたときにセット



この表は、割込みを生成する LPUART イベントを示しています。



割込みイベント	説明
送信FIFOノットフル	送信FIFOがフルでないときにセット
送信FIFOエンプティ	送信FIFOが空のときにセット
送信FIFO閾値	プログラムされた閾値に達するとセット
受信FIFOノットエンプティ	受信FIFOが空でないときにセット
受信FIFOフル	受信FIFOがフルのときにセット
受信FIFO閾値	プログラムされた閾値に達したときにセット

この表は、FIFO 管理が有効なときの FIFO イベント割込みを示しています。

- DMAリクエストは以下によってトリガ

- FIFO管理が無効なとき、送信データレジスタがエンプティおよび受信データレジスタがフル
- FIFO管理が有効なとき、送信FIFOがフルでないおよび受信FIFOがエンプティでない



DMA リクエストは、FIFO 管理が無効なときには、受信バッファが空または送信バッファがフルフラグがセットされたときに生成されます。

DMA リクエストは、FIFO 管理が有効なときには、送信 FIFO がフルおよび受信 FIFO が空フラグがセットされたときに生成されます。

割込みイベント	説明
オーバーラン・エラー	オーバーラン・エラーが発生したときにセット
パリティ・エラー	パリティ・エラーが発生したときにセット
フレーミング・エラー	同期外れまたは過剰ノイズが検出されたときにセット
ノイズ・エラー	受信フレームのスタート・ビットでノイズが検出されたときにセット

いくつかのエラーフラグもまた、表に示されているように、LPUART によって生成されます。

オーバーラン、パリティ、およびフレーミングエラーフラグは、それぞれ対応するエラーが発生したときにセットされます。

ノイズエラーフラグは、受信フレームのスタートビットでノイズが検出されたときにセットされます。

モード	説明
RUN/低電力 RUN	有効
SLEEP/低電力 SLEEP	有効 • ペリフェラル割込みによって、デバイスはSLEEPモードを終了
STOP 0 STOP 1	LPUARTレジスタの内容は保持 • LPUARTクロックがHSIまたはLSEに設定されている場合、LPUARTはSTOPモードからMCUを起動可能
STANDBY SHUTDOWN	パワーダウン状態 • STANDBYまたはSHUTDOWNモード終了後にペリフェラルを再初期化する必要がある



LPUARTペリフェラルは、RUN、SLEEP、低電力モードでアクティブです。

LPUART 割込みによって、デバイスはSLEEP モードと低電力SLEEP モードから復帰します。

LPUART クロックが HSI または LSE に設定されている場合、LPUART は、STOP 0 モードおよびSTOP 1 モードからMCU をウェイクアップできます。

USART受信はSTOPモードで機能し、スタート、アドレス一致または受信フレームイベントでウェイクアップ割込みを生成します。

STANBY モードとSHUTDOWNモードでは、ペリフェラルはパワーダウン状態になり、STANBY または SHUTDOWN モードからの復帰後に再初期化する必要があります。

- LPUART に関する以下のペリフェラル・トレーニングを参照してください。
  - GPIO(オルタネート機能設定)
  - リセットおよびクロック・コントローラ(RCC)
  - 電源コントローラ(PWR)
  - 割込み(NVIC および EXTI)
  - ダイレクト・メモリ・アクセス(DMA)コントローラ



これは、LPUART に関連するペリフェラルのリストです。必要な場合、詳細については、これらのペリフェラルトレーニングを参照してください。

- GPIO(General Purpose Input/Output、汎用入出力)
- リセットおよびクロックコントローラ
- 電源コントローラ
- 割込みコントローラ
- ダイレクトメモリアクセスコントローラ