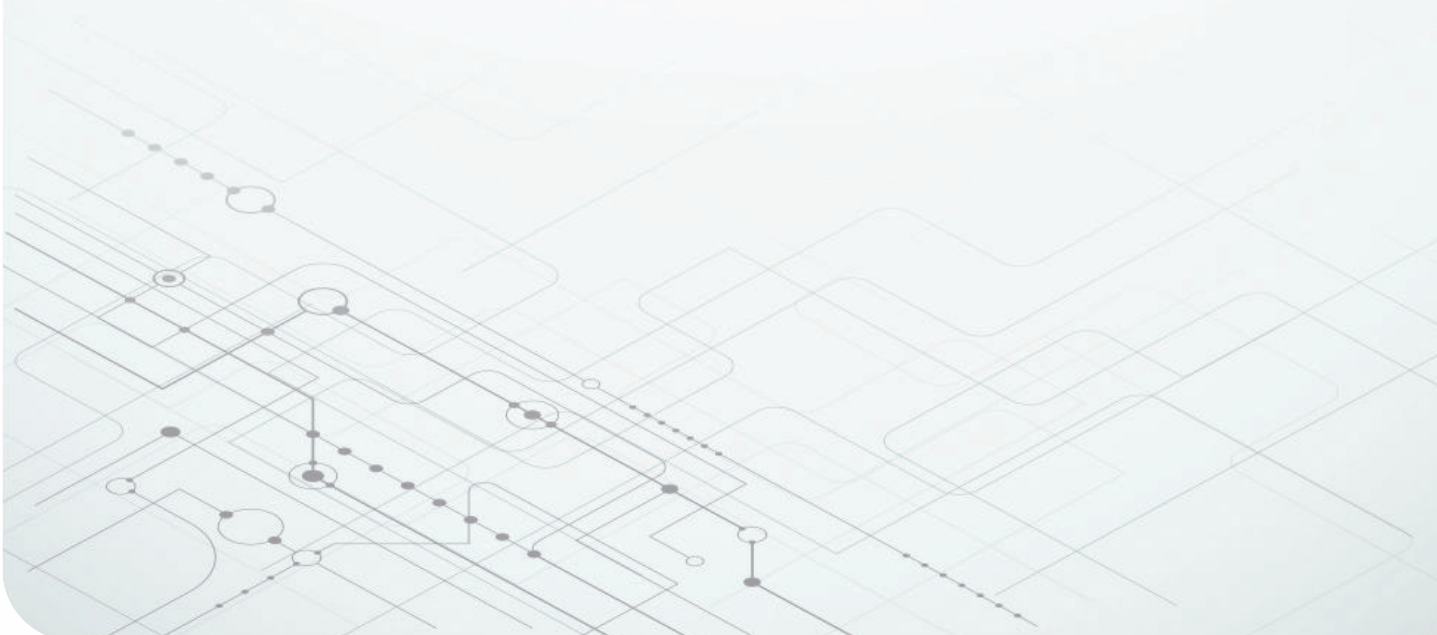


ネットワーク接続性、信頼性、安全性 を向上するためのグリッドの最新化



Henrik Mannesson
General Manager
Grid Infrastructure



コミュニティとその電気グリッド・システムは、リアルタイム通信、持続可能性の測定、およびさまざまなエネルギー・ニーズを満たすための分散化への取り組みに対する需要を増大させています。一方、エンジニアと設計者は、コネクティビティの規格とアプローチを定義しています。

概要

このホワイト・ペーパーは、グリッド近代化の4つの重要な要素の開発状況を要約しています。



1 グリッドの重要な一部である分散型エネルギー源

再生可能エネルギー源の分散化は、インフラを強化する手段として、より多くの地域で見られます。

1



2 グリッドのバランスを確保する双方向EV充電

電気自動車 (EV) は、充電の需要予測から電力の節約や余剰エネルギーのグリッドへの還元に至るまで、スマート・グリッドの重要な部分を占めます。

2



3 グリッドのリアルタイム・データ、監視、制御

有線や無線のさまざまなテクノロジーを利用することにより、グリッドのリアルタイム・データ転送や、自動化、分散、制御を実現できます。

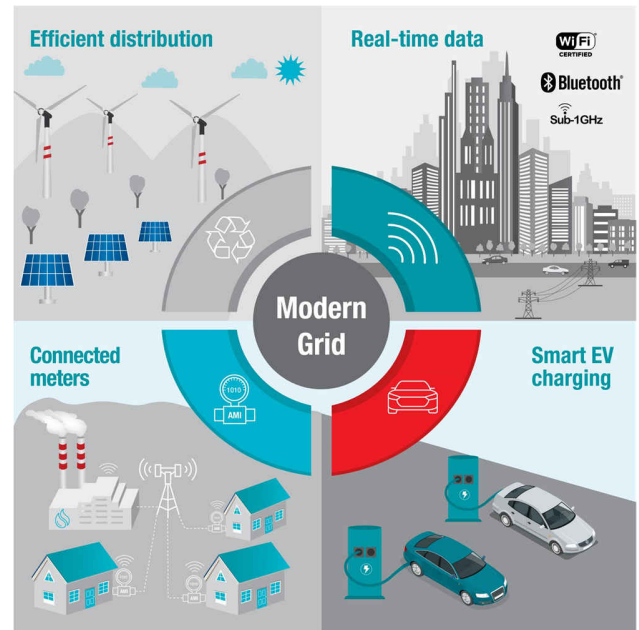
3



4 バッテリー駆動のガス・メーターと水道メーターの接続

コネクテッド・グリッドは電気だけにとどまりません。ガス、水道といった公共サービスにおいても、コネクティビティ、センシング、制御において、シンプルかつ低コストのさまざまなソリューションを採用することが可能です。

4



発電所と、家庭、ビル、工場、自動車、都市などのセクターを接続する配電網は、信頼性と復元力を向上させるためのアップグレードを以前として必要としています。発電、送電、配電に高度なネットワーク接続型センサを採用することで、グリッド事業者は健康と安全に関するニーズの監視、古くコストのかかる資産の最適化、障害と需要の増加の検出、停電時の電力復旧をより迅速に実施できます。

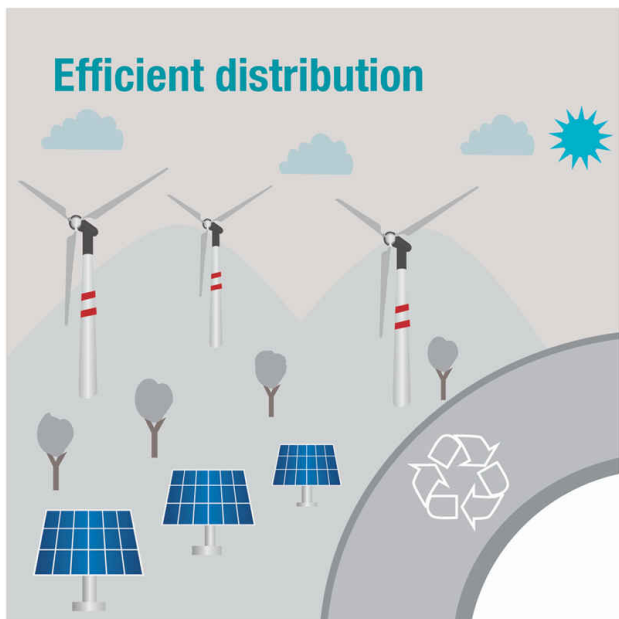
グリッド資産から得られたデータにより、事業者はさまざまな世代の組み合わせ、環境条件、セキュリティ・リスクなど、インフラの性能に関する詳細な情報を得ることができます。スマート・グリッド・センサは、トランスや電線などの設備のリモート監視を可能にし、需要側のリソース管理を容易にします。スマート・グリッド・センサは、気象イベントや電線の温度を監視してラインの通電容量を計算することもできます。産業用イーサネット、RS-485、コントローラ・エリア・ネットワーク、ワイヤレス・スマート・ユーティリティ・ネットワーク (Wi-SUN) などのさまざま

まな有線および無線プロトコルで、センサが収集した情報を通信できます。

負荷側では、スマート・メーターを使用することで、住宅の再生可能エネルギー・ソリューションへの移行や EV の充電を容易にします。スマート・メーターは、消費者がエネルギーのニーズやエネルギー源に基づいてより良い選択を行うためにも役立ちます。また、このようなメーターは、住宅や自動車グリッドにエネルギーを戻すときなどの、**双方向充電**の監視にも役立ちます。

フィードバックとパッシブ負荷を最小限に抑えたこれまでの電気機械システムのネットワークは高度に自動化され、インテリジェント・デバイスと最新化戦略によって推進されてきました。その結果、発電から送電、配電から最終用途まで、より相互接続された電力供給網が実現します。分散型エネルギー・リソースが統合され、グリッドの信頼性と復元力が向上します。

グリッドの重要な一部である分散型エネルギー源

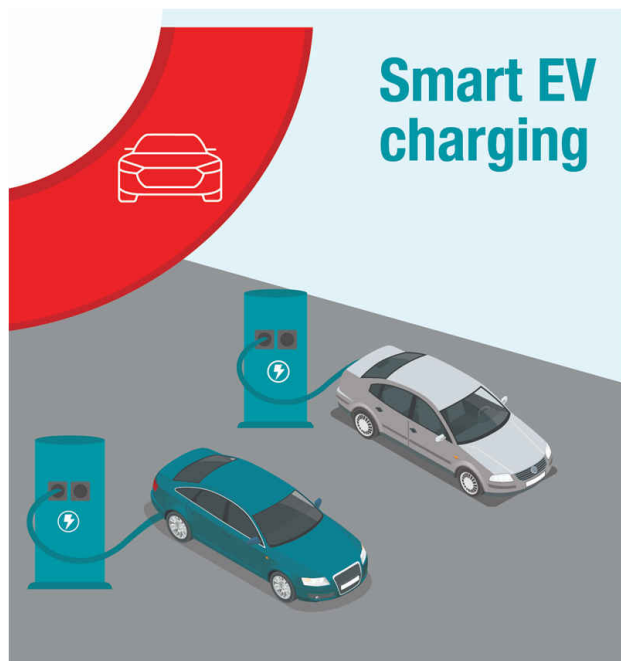


従来、電力グリッドは「一方通行の道」であり、電力が公共事業者が所有する集中型の発電、送電、配電の各ラインから消費者に向かって流れていました。太陽光と風力エネルギーが電力網のシェアを拡大するにつれて、ダイナミック・マネージメントの普及が拡大すると見込まれています。電力会社は、電力網を、相互接続された Web のように捉えるようになってきています。小規模な分散型システムで発電を行う消費者の数は増え続けています。つまり、家庭や自動車は、エネルギー消費と発電装置のどちらにもなる可能性があります。

太陽光と風力エネルギーは二酸化炭素排出量がゼロであり、化石燃料とは異なり、価格の変動による影響を受けません。グリッドパリティを実現している地域は、特に太陽光や風力が豊富で、電力コストが高い地域などで増えています。そうした地域では再生可能エネルギーが化石燃料のコストと同等またはそれよりも安価になっています。

ソーラー・マイクロインバータは、太陽光発電業界では欠かせないセグメントです。テキサス・インスツルメンツは、**絶縁型**および**非絶縁型ゲート・ドライバ**、**デジタル・アイソレータ**、**イーサネット**および**RS-485**トランシーバ、**電流センシング**および**電圧監視**デバイス、それにグリッド接続型とオフグリッドの両方であらゆるサイズのインバータをターゲットとするデジタル制御ループを処理できる**マイクロコントローラ (MCU)** の包括的な選択肢を用意しており、これによってシステム効率を最大化し、製品寿命を延長できます。これらの製品はすべて、特に過酷な温度環境で動作します。

グリッドのバランスを確保する双方向 EV 充電



また、配電システムは元々、ピーク需要に対応するように設計および構築されており、放射型のインフラを経由して受動的に電力を供給する一方で、スマート・グリッドは顧客の選択肢を増やすだけでなく、管理をローカル、リモート、または自動で行うことができます。スマート・グリッドを使用することにより、公共サービスが消費者の行動の変化に応じて提供されるようになります(たとえば、家庭での EV バッテリー充電が、ピーク時間外の夜間に行われる可能性が高くなるなど)。

最高性能の EV は、22kW の範囲のオンボード充電器を搭載しています。双方向充電器という考え方は、EV を蓄電素子として使用する可能性にもつながります。ガレージの EV で 1 回充電すると 400 マイル走行できるとしましょう。しかし、通信、クラウド・コンピューティング、および最新のグリッドを通じ、所有者が明日 50 マイル以上運転することはないことを自動車は「理解しています」。技術的には、バッテリーが午前 7 時に満充電されている必要はありません。そのため、夜間に車両からエネルギーを引き出すことで、地域の消費電力を節約したり、ピーク時間中に車両の余剰電力をグリッドに戻すことができます。公共の充電インフラにも同様のアプローチが存在し、ステーション間の負荷分散も実現しています。

さらに、順方向負荷の多くが DC であるため、グリッドの電力品質を向上させ、消費される高調波電流を低減するには、力率補正が必要になります。たとえば、350kW で動作するオフ

ボード高速 EV 充電器の場合、入力はグリッドからの 3 相 AC 接続であり、バッテリーへの出力は DC です。

アクティブな 3 相力率補正には多くのトポロジが存在します。**10kW、双方向 3 相 3 レベル (T タイプ) インバータおよび PFC のリファレンス・デザイン**は、双方向の電力補正が可能であり、SiC (シリコン・カーバイド) 金属酸化膜半導体電界効果トランジスタ (MOSFET) を高いスイッチング周波数で使用することで、効率の向上と磁気素子のサイズ縮小を実現し、システム全体のサイズを縮小できます。このトポロジは、EV 充電やソーラー・インバータのような大電力のスマート・グリッド・アプリケーションにも拡張可能です。SiC MOSFET の採用によりスイッチング損失を低減し、最大 800V の高い DC バス電圧に対応するとともに、スイッチング損失低減を通じて 97% 超のピーク効率も実現します。

将来のグリッドに対するテキサス・インスツルメンツの継続的な投資の一環として、グリッドに接続された充電器と EV 内のバッテリー管理システムの両方について、EV 充電を実現するために必要なコンポーネントを進歩させています。グリッドや EV バッテリーからの電気は高電圧の可能性があるので、EV 充電やバッテリー管理システムの設計には絶縁型デバイスが不可欠です。これらのデバイスには、絶縁型および非絶縁型アンプ、絶縁型および非絶縁型のインターフェイス IC、信号アイソレータ用の電源などの通信および保護回路が含まれています。

グリッドのリアルタイム・データ、監視、制御



電力会社は、グリッドの急速な変革が進行中であることから、事業の主な側面で重要な課題に直面しています。

従来、都市のグリッド・ネットワークは、地上での配線による配電に依存していました。このシステムは、大規模な都市では架空線を増やす余地がなく、住宅の上や前面に電線があるのは好まれないため、地中に配線して電力を供給することになります。

これまでは、非常に簡単な方法で、地上の電線の故障を発見していました。電線に沿って整備用車両を走らせ、電線が落下していないか、電線に木が乗っていないか、電線に雪が多く付着していないか点検していました。こうしたすべての事例で、停電の原因は明らかにされていました。しかし、地中での故障は目で確認できなくなりましたが、グリッドの近代化によってリアルタイムの通信、測定、監視、迅速な応答と修復が可能になりました。

リアルタイム・データ管理を使用することは、ユーティリティ・グリッド・システムの接続に関して、かつてないほど重要になっています。目標は、最大限に活用できる人たちの手にデータを渡すことです。最新のモバイル・デバイスは、スマート・グリッドと、マイクログリッドを形成するソーラー太陽光発電パネルを内蔵した複数のエネルギー源の両方のデータ配信と制御を行うための、簡単に利用できるプラットフォームです。**Wi-Fi®** と **Bluetooth®** は、ワイヤレス・グリッド接続で使用できる確実な方法です。また必要に応じて、中間ゲートウェイを別のオブ

ジョンにすることもできます。テキサス・インスツルメンツの **グリッド IoT のリファレンス・デザイン: Wi-Fi を使用してサーキット・ブレーカとセンサを他の機器に接続する** は、スマート・グリッド内でリアルタイムの資産監視を行えるよう設計されています。このリファレンス・デザインの主な利点は次のとおりです。

- リアルタイムの資産状態監視ができる (Wi-Fi® 通信を使用して電流、電圧、温度のレベルを監視)。
- 重要なアプリケーション向けに冗長化された可変データ・レート転送機能が追加される。
- サブステーション内の有線通信用のバックアップができる。
- 障害検出の応答時間が改善される。
- 電力ダウンタイムが低減される。

このリファレンス・デザインでは、高いデータ・レートと広い帯域幅を必要とするサブステーション機器や住宅用ブレーカにとって、Wi-Fi との統合がいかに有力なソリューションであるかが分かります。Sub-1GHz コネクティビティは、サブステーションと配電の自動化のために低消費電力で長距離データを送信する場合にも適用可能なワイヤレス・テクノロジーの 1 つです。スター・ネットワークを形成するために、複数のノード (障害インジケータなど) が 1 つのデータ・コレクタにデータを送信する必要がある場合に便利です。どちらのテクノロジーも、SimpleLink ソフトウェア開発キットをベースとする SimpleLink™ ワイヤレス MCU ファミリーを通じて利用でき、100% のコード再利用と複数のワイヤレス・コネクティビティ・テクノロジー間のシームレスな移行を促進します。

グリッド IoT のリファレンス・デザイン: Sub-1GHz RF を使用したフォルト・インジケータ、データ・コレクタ、Mini-RTU の接続 は、複数のセンサ・ノード (この場合はフォルト・パス・インジケータ [FPI]) とテキサス・インスツルメンツの 15.4 スタックを使用したコレクタの間のスター・ネットワークでワイヤレス Sub-1GHz 通信を採用しています。このリファレンス・デザインは、配電オートメーションのオーバーヘッド FPI とデータ・コレクタをアプリケーション・シナリオとして使用しており、低消費電力の短距離 (50m 未満) 通信を行うために最適化されています。

また、テキサス・インスツルメンツの SimpleLink ファミリーの **CC1310** も採用しています。このファミリは、Sub-1GHz 無線周波数 (RF) トランシーバと Arm® Cortex®-M3 MCU を搭

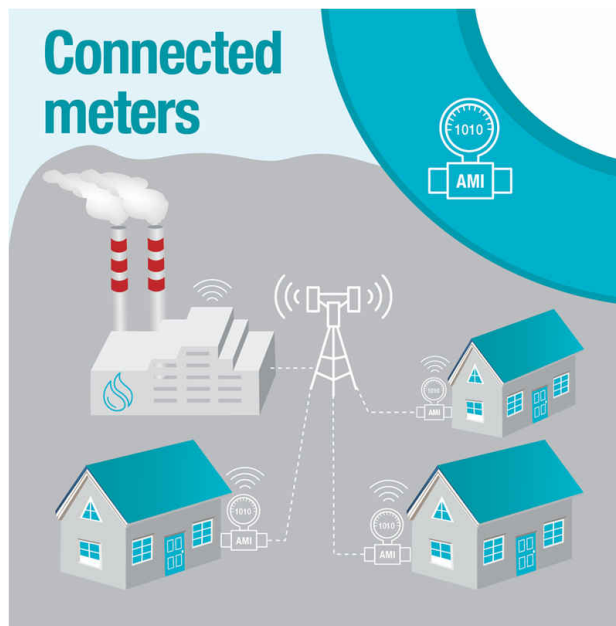
載しています。テキサス・インスツルメンツの 15.4 スタックは、米国、ヨーロッパ電気通信標準化協会、および中国の周波数帯域でビーコン・モード通信を構成します。消費電流データは、送信出力レベル (0~+10dBm) とビーコン間隔 (0.3~5 秒) を最適化し、50Kbps のデータレートで 1~300 バイトのシングル・パケット・データを伝送する場合のものです。

電力ネットワークが、風力タービンやソーラー・パネルから複数のフィードイン・ポイントを供給する再生可能電力源に接続されると、配電はより複雑になります。増えている自動化は、リモート測定、サービス、修復における決定的な機能であり、リアルタイムの監視と制御、および高い信頼性が重要です。これらの複雑なスマート・グリッドでは、ネットワーク冗長性が重要になります。重要なコンポーネントや機能をこのように複製することで、システムは障害の発生時にも機能を継続し、物的損害や人命が失われる危険につながるネットワークのダウンタイムを短縮することができます。ネットワークの冗長性により、電力供給を中断せずに、ネットワークのサブセットでメンテナンスを実行することもできます。

イーサネットは一般的で、グリッド管理用の IEC (国際電気標準会議) 61850 イーサネット規格に基づいて容易に利用できます。冗長性プロトコルは、信頼性を上げ、スマート・グリッドの管理ネットワークとしてイーサネットを実現するための構築ブロックです。IEC 62439-3 は、並列冗長プロトコル (PRP) と高可用性シームレス冗長性 (HSR) の 2 つのアーキテクチャを定義しており、有線イーサネットにゼロ損失の冗長性を実装します。ARM ベースのプロセッサと MCU は、これらのプロトコルと関連するカットスルー・スイッチングのサポートを備えています。PRP を使用する場合、各ノードは 2 つの独立したパラレル LAN (ローカル・エリア・ネットワーク) に接続します。

ソース・ノードは各パケットのコピーを 2 つ送信し、各インターフェイスに 1 つずつ送信します。宛先ノードはフレームを受信し、最初のコピーを受け取り、2 番目のフレームをドロップします。2 つのネットワークのいずれかが動作可能である限り、宛先ノードは常に、ダウンタイムなしで少なくとも 1 つのパケットを受信します。HSR リングは、2 つの LAN ではなくリング・トポロジを使用して、PRP と同レベルの冗長性を実現します。

バッテリー駆動のガス・メーターと水道メーターの接続



コネクテッド・メーターの導入は当初電気から開始されましたが、流量計市場 (ガス、水道、暖房) での自動メーター読み取り (AMR) とスマート・メーターの採用も勢いを増しています。

機械的故障の低減、精度の向上、さらなるインテリジェンスの獲得のために、ガス / 水道メーターは以下を利用します。

- 高精度と低エネルギー消費を実現する超音波流量測定。
- 有線の絶縁型および非絶縁型通信によるデータと障害のリアルタイム監視と通信。
- 長距離通信を実現し、コネクティビティを確保したり、既存のネットワーク・インフラに接続できるワイヤレス通信機能。
- 効率を最大化し、10 年以上のバッテリー寿命を実現するインテリジェントなパワー・マネージメント。

電力計への電力供給は言うまでもありません。電力線から測定する場所には電力計があるからです。ただし、バッテリー駆動技術はガス / 水道計測の標準であり、電力バジェットがかなり低い場合、より困難な課題になります。また、商業的な課題もあります。多くの地域では、電力供給業者より小規模な事業者がガスや水を取り扱います。同じ地域で、電力計ネットワークを所有する組織は 1 つだけである一方、水を供給する会社は複数ある場合があります。

さらに、AMR 機能を追加しようとする水道やガスの公共事業者は、既存のメーターすべてを置き換えるか、電子アドオン・

モジュールを設置して流量を正確に測定し、結果をワイヤレスで送信するかを選択できます。このようなアドオン・モジュールは、CC1350 SimpleLink ワイヤレス MCU が実現する**誘導性センシングを使用した低消費電力の水流量測定のリファレンス・デザイン**に示すように、AMR 機能を消費者に提供するための安価なソリューションを提供します。

ガスまたは水道メーター・ネットワークでは、スマート・メーターは使用データを収集し、上流の制御ノードに報告するセンサです。高精度の超音波測定は、機械的故障の低減に役立ち、システムの信頼性向上につながります。超音波測定は、機械部品を使用しない半導体センサ・アーキテクチャを使用することで、機械的な磨耗や破損を排除します。超音波流量測定システム・オン・チップ (SoC) の導入により、このテクノロジーへの移行コストが大幅に削減されました。

テキサス・インスツルメンツの業界をリードする、スマート・ガス、水道、電気メーター向け、IC およびリファレンス・デザインは、OEM (Original Equipment Manufacturers) の設計上の課題を解決し、超低消費電力の有線および無線の豊富なインターフェイス・デバイスを通じて、測定精度の向上とバッテリー寿命の延長を可能にします。

超音波センシング水道メーター・フロントエンドのリファレンス・デザインは、超音波センシング用の統合型アナログ・フロント・エンド (AFE) を使用した超音波水道メーター・サブシステムの開発に役立ちます。AFE は、低消費電力で最大の統合を実現する高性能計測機能を提供します。このデザインは、**MSP430FR6047** 超音波センシング SoC をベースにしています。この SoC は、統合型の超音波センシング・サブシステム AFE を提供します。この AFE は、波形キャプチャベースのアプローチを通じて、幅広い流量に対して高精度を実現します。また、このデバイスは最大限に統合されており、ごく少数の外付け部品しか必要としないため、超低消費電力の計量と、システム・コストの低減を達成できます。

同様に、**バッテリー駆動スマート流量メーターのバッテリーおよびシステム状態監視のリファレンス・デザイン**は、高精度の電力測定とバッテリー寿命を予測する健全性状態予測を可能にしま

す。監視サブシステムは、バッテリー寿命の大幅な短縮につながる過電流状況からの保護を行います。

まとめ

米国全体において、州や公共サービスは将来に向けてグリッドの構築に取り組んでおり、過渡的で受動的、電氣的、電気機械的なグリッドを、動的制御機能を備えた、能動的で電子的なグリッドに変換しつつあります。グリッドの近代化を推進するテクノロジーには、以下のものがあります。

- グリッドの末端に配置されたメーターに、電子技術と半導体デバイスが導入される。
- 分散型再生可能生成リソースが統合される。
- 電気輸送システムとその充電インフラが適応される。
- グリッドの監視、保護、制御が改善される。

電力をより高い信頼性と効率で供給するために、**グリッド**と制御を近代化することで、停電の頻度と持続時間を大幅に短縮し、ストームの影響を低減し、停電が発生したときにサービスが迅速に復元されます。長く使われてきたシステムを新しくすることは簡単ではなく、今すぐには不可能ですが、システムを新しくすることで、結果的に今後数十年にわたって社会と経済にとってメリットがあることが最終的に証明されています。

その他の資料

- **グリッド・インフラ向けのコネクテッド・テクノロジー**の詳細をご確認ください。
- 技術記事「**Wi-SUN FAN でネットワーク接続インフラを改善する方法**」および「**EV 充電に関する設計上の 3 つの考慮事項**」をご確認ください。
- 『**RS-485 デザイン・ガイド**』をダウンロードしてご覧ください。

重要なお知らせ:ここに記載されているテキサス・インスツルメンツ社および子会社の製品およびサービスの購入には、TI の販売に関する標準の使用許諾契約への同意が必要です。お客様には、ご注文の前に、TI 製品とサービスに関する完全な最新情報のご入手をお勧め致します。TI は、アプリケーションに対する援助、お客様のアプリケーションまたは製品の設計、ソフトウェアのパフォーマンス、または特許の侵害に対して一切責任を負いません。ここに記載されている他の会社の製品またはサービスに関する情報は、TI による同意、保証、または承認を意図するものではありません。

Bluetooth® is a registered trademark of Bluetooth SIG, Inc.
Wi-Fi® is a registered trademark of Wi-Fi Alliance.
すべての商標は、それぞれの所有者に帰属します。

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、

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](#)、または [ti.com](https://www.ti.com) やかかる TI 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。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。

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、TI 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 © 2023, Texas Instruments Incorporated