

# シングルペア・イーサネットが ネット・ゼロ達成の鍵に、 ビルのデジタル化で エネルギー消費量の節減を図る

著者 : Meghan Kaiserman、ストラテジック・マーケティング・ディレクタ

## 概要

現在、多くの国／地域では、CO<sub>2</sub>の排出量を大幅に削減するための取り組みが進められています。つまり、温室効果ガスの排出量をゼロに抑える「ネット・ゼロ」の達成を世界レベルで目指しているということです。この目標を達成するためには、ビルディング（建築物）の運用に携わる業界も1つの課題を解決する必要があります。その課題とは、通信用のインフラを現代化するというものです。本稿では、10BASE-T1Lに代表されるシングルペア・イーサネットを導入することにより、ビルのデジタル化を図る方法について説明します。具体的には、RS-485のような旧来型の通信技術を使用しているビルを、シングルペア・イーサネットによってアップグレードする方法を紹介します。そのようにすれば、オートメーション化の促進、セキュリティ・レベルの向上、エネルギー消費量の削減などを実現し、持続可能性を高めることが可能になります。

## はじめに

気候変動の問題への対処や持続可能性の実現に向けて、**90以上の国や地域**がネット・ゼロの政策を積極的に展開しています。ネット・ゼロを実現するためには、人間の活動によるCO<sub>2</sub>の排出量を削減すると共に、他の取り組みによってその排出量を相殺しなければなりません。

ネット・ゼロを達成するためには、すべての産業においてCO<sub>2</sub>の排出量を削減しなければなりません。しかし、IEA (International Energy Association : 国際エネルギー機関) は、「ビルディングの運用に携わる業界では、世界におけるCO<sub>2</sub>の排出量を2050年までにゼロに抑えるという目標を達成するための取り組みが進んでいない」と指摘しています。ネット・ゼロの達成に向けては、2030年の時点で、2021年と比較して1m<sup>2</sup>あたりのエネルギー

消費量を35%削減するという目標が設定されています<sup>1</sup>。それに対し、ビルで消費されるエネルギーの量は世界のエネルギー消費量の30%を占めているという状況にあります。つまり、この業界がシステムのデジタル化とオートメーションの導入に向けた具体的な行動を起こさない限り、ネット・ゼロの目標は達成できないとの懸念が示されているのです。この課題を更に複雑にしている要因が1つあります。それは、効果的なオートメーションを導入するためには、リアルタイムのデータをより多く収集できるようにしなければならないというものです。現在のインフラの多くは、RS-485のような旧来型の通信技術をベースとしています。リアルタイムのデータをより多く収集できるようにするには、インフラのスループット容量と応答性を現在のレベルと比べて大きく改善しなければなりません。また、ビルが備える機器やシステムをネットワークに接続すると、それらがサイバー攻撃にさらされる可能性が生じます。そのため、旧来のネットワークが備える能力をはるかに超える高度なセキュリティ機能が必要になります。

本稿では、上記の課題を解決するためのものとして、シングルペア・イーサネットに注目することにします。同技術を利用すれば、セキュアかつ費用対効果の高い方法でAIをベースとするオートメーション化を実現することができます。また、この技術はビルの業界がネット・ゼロの目標を達成することにも貢献します。シングルペア・イーサネットを利用すれば、エッジまでの長距離にわたる接続を実現することができます。新規にシステムを構築する場合に採用するだけでなく、既存のシステムに後付けの形で適用することも可能です。シングルペア・イーサネットは、IT (Information Technology) の領域とOT (Operational Technology) の領域の間でシームレスなデータ転送を実現するための重要なツールとして機能します。



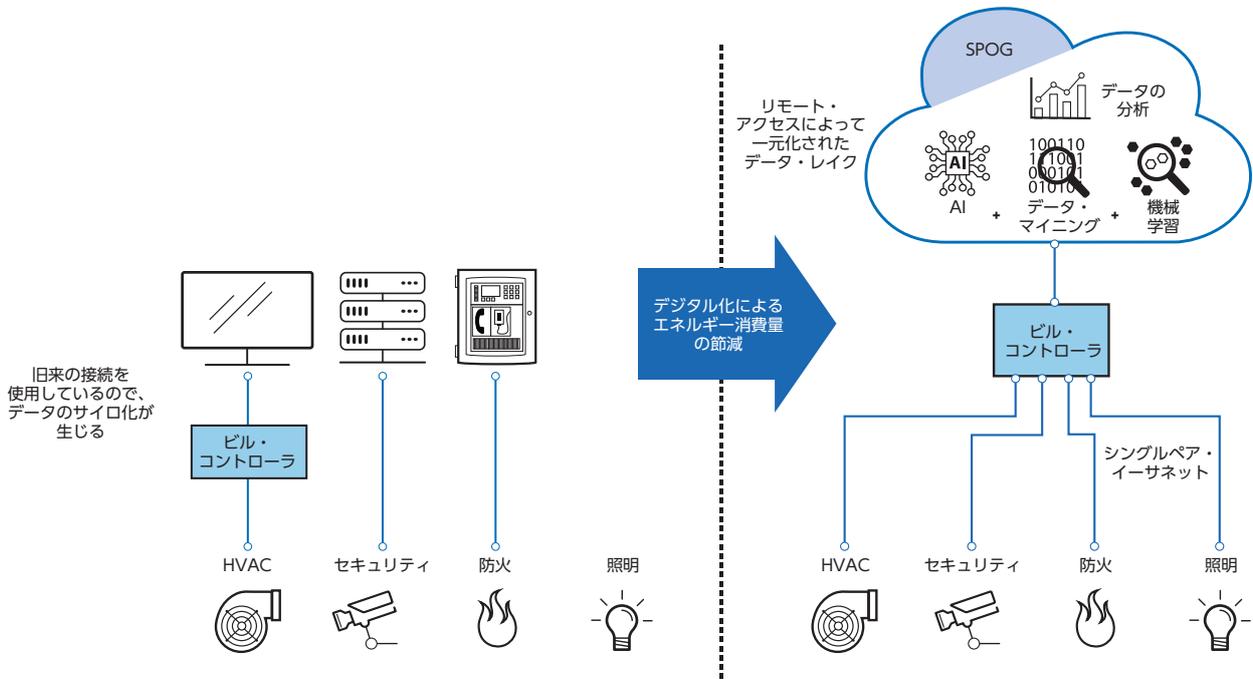


図1. SPOGによるデータの可視化。SPOGはシステムの集約によって実現されます。オートメーションやAI/機械学習を組み合わせることにより、エネルギー消費量の節減が可能になります。

## デジタル化によるエネルギー消費量の節減

IEAのロードマップ「2030 Net Zero」<sup>3</sup>では、行動の変容やデジタル化といった手法により需要を削減することで、CO<sub>2</sub>の排出量を約15%削減することを求めています。人々にエネルギーを節約する方法を教育し、行動の変容を促すのは効果的な手法です。ただ、IEAのケース・スタディ<sup>4</sup>では、「エネルギーの消費量を削減する上で最もその可能性を高められるのは、行動の変容を促すことではなく、オートメーションの導入を進めることである」との指摘がなされています。

商業ビルのデジタル化を進めれば、事業者は業務の改善の度合いを計測できるようになります。それだけでなく、運用を自動化するための基盤が構築されることとなります。また、適切なセンサーによって取得したデータと制御機能を利用することで、ビルの運用方法を最適化することが可能になります。そうすれば、ビル内の人々に最良のサービスを提供しつつ、エネルギーの消費量を削減することができます。

例えば、屋内の空気の質を改善する必要があったとします。その場合、ビルの運用方法についてより厳しい要件が課されることとなります。ANSI/ASHRAE 62.1などの新たな規制では、ビル内により多くの外気を取り入れることを求めています。健康と衛生について最善の状態を維持するためには、より多くの外気を取り入れなければならないケースがあるということです<sup>2</sup>。このような換気に関する基準を順守しようとする、エネルギーの消費量が増加します。従って、ネット・ゼロを達成するためには、エネル

ギー需要を更に抑えなければならないということになります。最適な運用を実現するためには、ビル内の多くのHVAC (Heating, Ventilation, and Air Conditioning: 暖房、換気、および空調) システムの連携を実現し、それぞれが異なる目的に向かって動作しないようにする必要があります。

ビル内では、HVACシステム、照明システム、防火システム、入退室管理システムなど、異なる種類のシステムが稼働します。それらの運用を集約するためには何が必要でしょうか。それは、適切なデータと制御を利用できるようにすることです。そうすれば、AIと機械学習の処理を最適化し、人々の現在/将来の活動に基づいて、照明や冷暖房の理想的な使用方法を決定することが可能になります。また、空気の流れを適切に制御し、エネルギーの消費量のバランスをとりながら、屋内の空気の質を確保できるようにもなるでしょう。

しかし、異なるベンダーが個別にデータベースを管理している場合、複数のシステムからのデータを集約するのは容易ではありません。つまり、「データのサイロ化」が生じる可能性があります。ビル/HVACシステムにおけるデータの共有を実現するには、いくつかの課題を解消しなければなりません。そこで、IEAは、データ共有に関するガイドラインを策定するためのグループを設けています<sup>5</sup>。そのグループは、課題を解決するための糸口は、多様なデータ・ソースを単一の画面 (SPOG: Single Pane of Glass) に集約できるようにすることであると説明しています。それによって、傾向を見だし、分析を適用して、新たなインサイト (洞察) を取得できるようにするという事です (図1)。

## 通信インフラの現代化

ビル内の多種多様なデータ・ソースを統合する上で鍵になるのは何でしょうか。それは、計測と接続に使用されているインフラです。従来、ビル内のセンサーや制御装置は、RS-485に対応するトランシーバーと各種のプロトコルを組み合わせた有線のシリアル通信リンクを用いて接続されていました<sup>6</sup>。プロトコルの例としては、BACnet<sup>TM</sup>やModbus、LonWorksなどが挙げられます。

RS-485は、スループットとセキュリティの面で制約を抱える旧来型のインターフェースです。例えば、RS-485の物理層で利用できるビル・オートメーション用のプロトコルの例としてはBACnet MS/TPが挙げられます。その最高ボー・レートは、わずか115.2kbpsです<sup>10</sup>。また、BACnetやModbusといった旧来型の通信プロトコルは、クローズドなネットワーク向けに設計されたものです。そのため、暗号化や認証の機能が組み込まれていません。そうしたプロトコルを採用した機器がITインフラ用のゲートウェイを介してインターネットに接続されると、サイバー・セキュリティ上の大きな脅威に見舞われることになります。

ここで注目すべき新たな通信方式がシングルペア・イーサネットです。特に10BASE-T1Lは、2019年11月にIEEE 802.3cgとして承認を得ています。現在のビルでは、この10BASE-T1Lの導入が進んでいます<sup>9</sup>。10BASE-T1Lでは、RS-485で使用されていた有線のシリアル・リンク・ケーブルを再利用することが可能です。つまり、既存のケーブルを用いて、10BASE-T1Lに対応するイーサネットのデータを転送できるということです。既存のインフラにシングルペア・イーサネットを適用すれば、以下のようなメリットが得られます。

- ▶ 各ノードは、最高10Mbpsというより広い帯域幅を利用できるようになります。
- ▶ 各ノードはIP (Internet Protocol) アドレスによって指定可能なので、機器の管理方法を簡素化できます。
- ▶ 伝送距離は最高1kmに達するので、RS-485に対応する既存のケーブルの最大長を十分にカバーできます。標準的な10Mbps/100Mbpsのイーサネットは100mまでしか対応できないので、伝送距離が大幅に改善されることになります<sup>11</sup>。
- ▶ IEEE 802.3cgのクラス15では、1本のツイスト・ペア・ケーブルにより、10BASE-T1Lのデータと共に最大52Wの電力を伝送できると定められています。例えば、アナログ・デバイスが提供するPoE (Power over Ethernet) コントローラ [LTC4296-1] を使用すれば、システムから多様なエンド・デバイスに対して電力を供給することができます。但し、ケーブルの品質にはばらつきがあるので、電力伝送は新規導入の場合に限って利用することが推奨されます。

従来は、デジタル化への第一歩として標準的な10Mbps/100Mbpsのイーサネットを使用するビル・コントローラが導入されていました。それらのコントローラは、旧来のプロトコルのイーサネット・ベースのバージョンを使用して通信を行います<sup>6</sup>。つまり、BACnet/IPやModbus TCP/IPなどが使われていました。BACnet/IPを利用する機器は、BACnet MS/TPに対応する旧来の機器と同じデータ・オブジェクトを使用します。そのため、両方の種類の機器を使用するシステムを実装するのはさほど難しくはありませんでした。BACnet/IPやModbus TCP/IPといったIPベースのプロトコルは、最新のサイバー・セキュリティ対策をサポートしています。最近では、これらのプロトコルを使用してイーサネットへの接続を実現する設備が増加しつつあります<sup>12</sup>。BACnetは、世界市場において約60%のシェアを獲得しています<sup>7</sup>。一方で、新規の設備の約80%はRS-485をベースとする有線のシリアル通信を採用しています。BSRIA (Building Services Research and Information Association) の推定によると、2019年の時点ではHVAC用のセンサーのうち5%はワイヤレス方式を採用していました。しかし、その種のセンサーは接続に関する信頼性が高いとは言えませんでした。また、バッテリーを必要とするので使用できる場所には限りがありました<sup>8</sup>。

## 通信の改善

冷暖房システムは、サーモスタット、コントローラ、エア・ハンドリング・ユニット、可変風量ユニットといった複数のコンポーネントによって構成されます。設定されたとおりの温度を実現するためには、それらのコンポーネントの間で情報を交換する必要があります。その際、高い通信レートを使用できれば、システムの詳細なデータ・スループットが大幅に向上します。つまり、9.6kbps～115.2kbpsといった一般的なシリアル・ボー・レートではなく、帯域幅が10Mbpsのイーサネットを採用できる方が望ましいということです。実際、IPをベースとする高速通信を採用すれば、以下に説明するような重要なメリットが得られます。

### ● サンプルングではなく分析

旧来の通信方式には、データ・レートが低いという欠点がありました。そのため、ビルの管理者は、どのデータを収集するかという優先順位を定めると共に、収集したデータをサンプルングする必要がありました。それに対し、シングルペア・イーサネットを採用すれば、管理者はシリアル通信のサンプルング・レートについて気を遣う必要がなくなります。システムから収集できる追加のデータを活用する、より高度かつ多様な分析手法の開発に集中することが可能になります<sup>14</sup>。

### ● エネルギー消費量の節減

追加で取得したデータを活用することにより、モデルやリアルタイムのセンサー入力を利用する高速な制御ループ、計算集約型のエネルギーの最適化手法などを適用できるようになります。それにより、エネルギー消費量を更に節減することができます。

#### ● データの集約 - データのサイロ化を解消する

旧来の有線シリアル通信では、クラウドにデータを引き渡すためにゲートウェイを使用する必要がありました。つまり、エッジ・デバイスで取得したデータをイーサネット・ベースのパケットに変換しなければならないということです。それに対し、有線のシリアル通信リンクをシングルペア・イーサネット（10BASE-T1L）にアップグレードすれば、既存のケーブルを再利用すると共に、ゲートウェイを排除することが可能になります。つまり、ゲートウェイのコストや全体的なレイテンシを抑えることができます。また、データのサイロ化を回避したり、障害が発生する可能性のある箇所を減らしたりすることが可能になります。

#### ● リアルタイムの応答性

ゲートウェイを使用する場合、その上で動作するソフトウェアと通信プロトコルによって、応答時間が数秒のレベルまで長くなります。一方、IOモニタリングをはじめとするビル・オートメーションのアプリケーションでは、レイテンシを100ミリ秒以下に抑えなければならないことがあります<sup>13</sup>。シングルペア・イーサネットを採用すれば、より高いスループットが得られるだけでなく、ゲートウェイが不要になります。それらの効果により、スループットが向上し、システムのリアルタイム応答を実現できるようになります。

## セキュアな通信

Memoorilは、スマート・ビルに関する大手調査企業です。同社は、「今後のスマート・ビルの普及に対する大きな障壁として、効果的なサイバー・カバーの欠如が急浮上している」と指摘しています<sup>12</sup>。

ビルのデジタル化を図る上ではいくつかの課題に直面します。その1つがIT領域とOT領域の融合です。例えば、RS-485をベースとする旧来のフィールド・バスを採用したOTネットワークがあったとします。その場合、BACnet/SCのようなプロトコルにアップグレードすれば、セキュリティ用の機能を後から追加することは可能です。しかし、それにはコストと時間がかかります。また、既存のシステムの脆弱性を見逃しがちです。あらゆる産業用制御システムの中で、ビル・オートメーション・システムは特にサイバー攻撃の対象になりやすいものと言えます。Kasperskyによる2020年の調査結果を見ても、石油、ガス、エネルギー、自動車の製造といった分野と比較して、ビル・オートメーション・システムはより多くの攻撃を受けています<sup>15</sup>。そのため、ビル・オートメーション・システムに効果的なセキュリティ機能を適用するのは非常に重要なことです。

セキュアな通信を実現するために、旧来の有線シリアル通信プロトコルであるBACnetはBACnet/SCに改訂されました<sup>12</sup>。BACnet/SCでは、有線のシリアル・リンク上で暗号化を使用できるようになっています。それにより、セキュアな通信をサポートします。但し、そうした新たな機能を最大限に活用するためには、ネットワーク上のBACnet対応機器をすべて同時にアップグレードしなければなりません。BACnetを使用していた既存の機器については、BACnet/SCの暗号化機能に対応できるようにするために再設計や保守を適用する必要があります。

シングルペア・イーサネット（10BASE-T1L）を採用する場合、BACnetのような非セキュアな有線のシリアル通信によって接続されていたエッジ・ノードをアップグレードしなければなりません。また、プロトコルとしては、イーサネットをベースとし、セキュリティ機能に対応するBACnet/IPを使用して接続を実現することになります。ここで1つ注目すべきことがあります。それは、既存の信号パスにコストをかけて新たなイーサネット・ケーブルを敷設することなく、その優れたセキュリティ機構を利用できるということです。

OTネットワーク上の機器をアップグレードし、セキュアなイーサネット・ベースのプロトコルを使用するようにすれば、サイバー攻撃に関連する多くのリスクを軽減することができます。シングルペア・イーサネット（10BASE-T1L）を採用する場合、既存の配線インフラを再利用しつつ、ハードウェアを1世代分だけアップグレードすることになります。それにより、非セキュアな旧来の通信からイーサネットをベースとするセキュアな通信への移行を果たすことができます。

シングルペア・イーサネット（10BASE-T1L）は、エッジにIP接続をもたらす重要な技術です。それだけでなく、セキュリティの改善、配線の再利用、IT/OTネットワークの融合といったメリットに加え、電力伝送の機能も提供します。スループットの大幅な向上、ゲートウェイの排除、高度なセキュリティにより、シングルペア・イーサネットはビルの業界に大きく貢献します。先述したように、IEAの2030 Net ZeroではCO<sub>2</sub>の排出量を15%削減するという目標が掲げられています。シングルペア・イーサネットを採用することにより、ビル業界がこの目標を達成できる可能性が高まります。通信インフラを現代化すれば、ビル内で生成される膨大な量のリアルタイム・データを利用できるようになります。それだけでなく、データのサイロ化を解消し、SPOGによる管理を実現することが可能になります。また、従来の制御方式については、制御ループの高速化を図れます。更には、AI/機械学習による最適化がサポートされます。その結果、実用的なインサイトを生成することが可能になり、エネルギー消費量を大幅に削減できる可能性が生まれます。

アナログ・デバイスでは、**サステナブルなビルディング**の市場に焦点を絞ったチームを擁しています。また、この分野を牽引する企業として、デジタル・トランスフォーメーションに役立つ多くの技術を提供しています。つまり、アナログ・デバイスが提供しているのは、絶縁型トランシーバーや有線のRS-485トランシーバーといったレガシー・システム向けの製品だけではありません。シングルペア・イーサネット（10BASE-T1L）に対応する製品や、セキュリティ製品、インテリジェントなIO製品なども供給しています。例えば、シングルペア・イーサネットに対応するものとしては、ポイントtoポイントのアーキテクチャに対応する「ADIN1100」、「ADIN1110」や、ライン&リングのアーキテクチャに対応する「ADIN2111」などのICを製品化しています<sup>16</sup>。また、SPoE（Single-pair Power over Ethernet）に対応する製品としては、給電側向けのLTC4296-1とデバイス側向けの「LTC9111」を提供しています。

## 参考資料

- <sup>1</sup> [Buildings (ビルディング)] IEA (International Energy Association : 国際エネルギー機関)
- <sup>2</sup> [New Ventilation Design Criteria for Energy Sustainability and Indoor Air Quality in a Post COVID-19 Scenario (COVID-19以降のエネルギーの持続可能性と室内の空気のための新たな換気設計基準)] Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 182, 2023年
- <sup>3</sup> Net Zero by 2050 - A Roadmap for the Global Energy Sector (2050年までのネットゼロ - 世界のエネルギー部門のロードマップ)、IEA (International Energy Association : 国際エネルギー機関)、2021年
- <sup>4</sup> Energy Efficiency 2021 (エネルギー効率 2021年)、IEA (International Energy Association : 国際エネルギー機関)、2021年
- <sup>5</sup> IEA Annex 81 Activity A1 - A Data Sharing Guideline for Buildings and HVAC Systems (IEA 付録81 活動A1 - ビルとHVACシステムに向けたデータ共有のガイドライン)、IEA (International Energy Association : 国際エネルギー機関)、2023年
- <sup>6</sup> The Ultimate Guide to Building Automation Protocols (ビル・オートメーション・プロトコルの完全ガイド)、Smart Buildings Academy、2020年
- <sup>7</sup> [Research Study Indicates BACnet Global Market Share over 60% (調査研究 - BACnetの世界市場シェアは60%以上に)] BACnet International、2018年
- <sup>8</sup> [A New Detailed US Field Device Study Is Released (米国のフィールド機器に関する詳細な調査結果)] BSRIA (Building Services Research and Information Association)、2020年
- <sup>9</sup> [Single Pair Ethernet on Its Way into the Smart Building (スマート・ビルにシングルペア・イーサネットを適用する)] Smart Buildings Technology、2020年
- <sup>10</sup> Improving BACnet® (BACnet®の改善)、BACnet、2020年
- <sup>11</sup> [How to Cost-Effectively Network Sensors for Building Management Systems (ビル管理システム用のセンサーを高いコスト効率でネットワーク化する方法)] DigiKey、2023年

- <sup>12</sup> [Cyber Security in Smart Commercial Buildings 2022 to 2027 (スマートな商用ビルにおけるサイバー・セキュリティ 2022年~2027年)] Memoori、2022年
- <sup>13</sup> [Industry 4.0 for Energy Productivity (エネルギーの生産性のためのインダストリ4.0)] RACE for 2030、2021年
- <sup>14</sup> [How IP Controls Are Changing Building Automation Controls (IP制御はビル・オートメーションの制御をどのように変革するのか)] ControlTrends、2022年2月
- <sup>15</sup> [Threat Landscape for Industrial Automation Systems (産業用オートメーション・システムに対する脅威の状況)] Kaspersky、2021年3月
- <sup>16</sup> [ビル・オートメーション・コントローラおよびネットワーク・ソリューション] Analog Devices

## 著者について

Meghan Kaisermanは、アナログ・デバイセズでサステナブル・ビルディングを担当するストラテジック・マーケティング・ディレクターです。インテリジェントなIO、シングルペア・イーサネット、セキュリティなどを含むデジタル化技術に注力しています。アプリケーション・エンジニア、システム・エンジニアの業務を含めて、当社でのキャリアは18年以上。エネルギー計測に向けた高精度のアナログ製品や産業用イーサネット製品など、産業市場向けの製品開発を担当してきました。科学と芸術の発展のためのクーパー・ユニオン（ニュー・ヨーク市）で電気工学の学士号を取得しています。

## EngineerZone®

### オンライン・サポート・コミュニティ

アナログ・デバイセズのオンライン・サポート・コミュニティに参加すれば、各種の分野を専門とする技術者との連携を図ることができます。難易度の高い設計上の問題について問い合わせを行ったり、FAQを参照したり、ディスカッションに参加したりすることが可能です。



Visit [ez.analog.com](https://ez.analog.com)

\*英語版技術記事は[こちら](#)よりご覧いただけます。



## アナログ・デバイセズ株式会社

VISIT [ANALOG.COM/JP](https://analog.com/jp)

お住いの地域の本社、販売代理店などの情報は、[analog.com/jp/contact](https://analog.com/jp/contact) をご覧ください。

オンラインサポートコミュニティEngineerZoneでは、アナログ・デバイセズのエキスパートへの質問、FAQの閲覧ができます。

©2023 Analog Devices, Inc. All rights reserved.  
本紙記載の商標および登録商標は、各社の所有に属します。  
Ahead of What's Possibleはアナログ・デバイセズの商標です。

TA24940-10/23

※初出典 2024年 EDN Japan