



Advanced Automation



株式会社

松浦電弘社

www.denkoha.net

空気圧センサやキーレスエントリー テストとして使用可能な TPMS計測システム

株式会社松浦電弘社

代表取締役 松浦隆弘

日本ナショナルインスツルメンツ株式会社

RFビジネス開拓マネージャ 瀧川和哉

ni.com/jp



アジェンダ

- 背景
- TPMSリーダー・アナライザ
- TPMSセンサエミュレータ
- 応用範囲
- 実現に必要なシステム

ni.com/jp

Advanced Automation
 株式会社 松浦電弘社
www.dentech.co.jp

 NATIONAL
INSTRUMENTS

このプレゼンテーションでは5つの項目について紹介します。

背景

- Tire Pressure Monitoring System
タイヤ空気圧監視システム
- 2000年代米国でタイヤ圧力低下による事故が多発
- 同年米国TREAD法成立
 - 2005年から段階的にTPMS装着義務
 - 2007年までに新車100%装着義務化
- 欧州：自動車メーカーが主導で導入を推進
- 日本：自動車メーカー任せ
 - 海外向けモデル生産の際に問題となる

ni.com/jp

Advanced Automation
株式会社 松浦電弘社
www.dentech.co.jp

NATIONAL
INSTRUMENTS

近年、より快適・安全に環境に優しく高性能な自動車を開発すべく、各自動車メーカーが切磋琢磨しています。自動車を取り巻く数々の技術の中から、ここではタイヤの空気圧を車両から監視し、より安全に低燃費を実現するために用いられる「タイヤ圧力監視システム」の開発に役立つツールを紹介します。

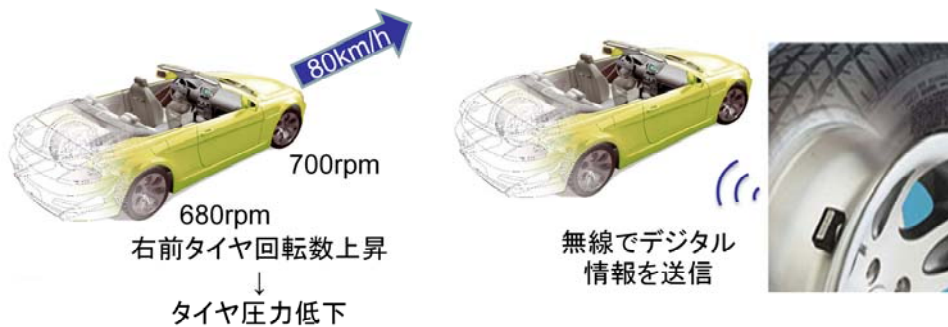
2000年頃、米国内でタイヤの空気圧低下による事故が多発しました。これは自動車が生活に密着し過ぎ、点検を怠ったことによる人為的なミスも影響していました。そこで同様の事故が起こることを防ぐために、定期的な点検でタイヤの空気圧の確認をしなくてもタイヤの空気圧の低下をドライバーに通知する装置の搭載義務が法律で定められ、2007年より施行されています。

日本では2007年現在、法律化されてはいませんが、安全のため、そしてタイヤ空気圧低下による燃費の悪化を防ぐための装置として今後は日本の自動車メーカーも積極的に導入することが予想されます。

背景

- TPMSには二つの方式

- 間接式：ABSセンサなどからの情報より計算
- 直接式：無線を用いたセンサにより直接情報を受信



走行中にタイヤ空気圧を確認する方法として実装されている形式には二つの種類があります。

1. 間接式

以前から搭載されているアンチロックブレーキシステム(ABS)などに使用されている車輪回転数・速度を検知するセンサなどからの回転速度情報を用いてタイヤ空気圧の低下を感知します。もし一つの車輪の回転速度が上昇するとします。直線を一定速度で走行している場合、これは車輪の径が小さくなったことを示します。これはすなわちタイヤ空気圧の低下により発生したと考えられます。

この方式はABSを搭載している車両には追加のセンサなどを搭載する必要がないため、安価に導入ができるという利点がありますが、走行中でなければ感知できないことや、山道などで直線が少ない道路を走行している場合には正確に感知できないこと、そして複数のタイヤが同時に空気圧を失っている場合などは感知が難しく、絶対的な空気圧を測定することが難しいなどの弱点があります。

2. 直接式

直接式では空気圧センサをタイヤ内部に取り付けて直接空気圧や温度の値を感知し、それらにデジタル変調をかけて車両側に搭載されたレシーバーに無線で送信します。タイヤに内蔵されたセンサーからの値をそれぞれ取得できるほか、間接式では感知不可能な温度情報までも取得できるというメリットがあります。無線にて情報を通信するため、各国の電波法などの制約があり、国ごとに異なる周波数の電波で通信が行われるのが一般的です。

アジェンダ

- 背景
- TPMSリーダー・アナライザ
- TPMSセンサエミュレータ
- 応用範囲
- 実現に必要なシステム

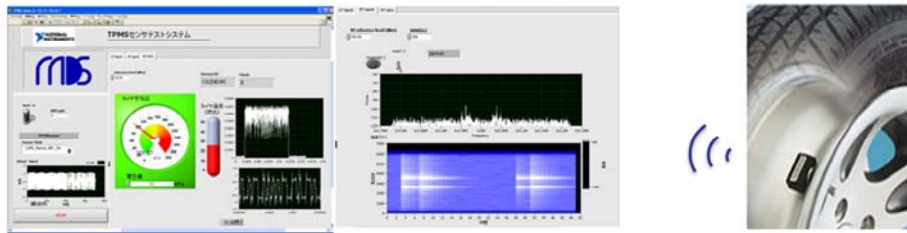
ni.com/jp

Advanced Automation
 株式会社 松浦電弘社
www.dentohsai.com

 NATIONAL
INSTRUMENTS

TPMSリーダー・アナライザ

- NI-RF製品を用いてTPMSセンサと通信
- センサID, タイヤ空気圧、温度情報などを受信
- センサからのRF信号のスペクトル表示機能



ni.com/jp

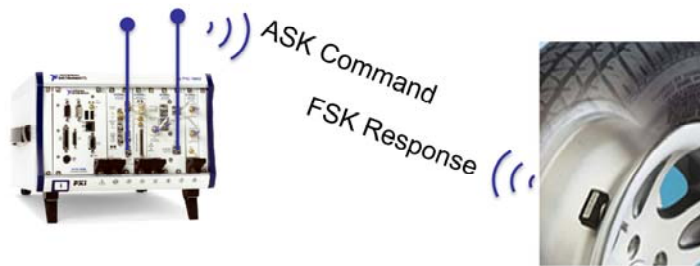
Advanced Automation
株式会社 松浦電弘社
www.dontoh.co.jp

NATIONAL
INSTRUMENTS

ナショナルインスツルメンツのPXI RF信号アナライザモジュールを用いることで、既存のTPMSセンサとの通信と解析を行うことが可能です。TPMSセンサには電源供給方法、通信頻度、変調方式などの違いにより、複数の種類がありますが、基本的な構造と通信方法はASKもしくはFSKのデジタル変調によるデジタル通信であることは共通しています。このデジタル通信によって送受信される情報には、センサ固有のID情報(センサID)、タイヤ空気圧値、温度値などの情報が含まれています。それらのデータ構造が分かっているならばリアルタイムでセンサからの情報を復調してセンサID、タイヤ空気圧値、温度値を表示したりロギングしたりすることが可能です。NI RF信号アナライザの特徴として、デジタル変調情報の復調だけでなく、RF信号のスペクトル表示なども行えるため、電波強度やRF信号の発信レートなども確認することが可能である点が挙げられます。

TPMSリーダー・アナライザ

- 一般的なTPMSセンサは混信を防ぐため車両からのASK信号に対して反応
- 受信したコマンドに対して空気圧や温度情報を変調してFSK信号を発信



ni.com/jp

Advanced Automation
株式会社 松浦電弘社
www.dentech.co.jp

NATIONAL
INSTRUMENTS

一部のTPMSセンサは電池で駆動しており、送信を常時続けると電池の消費が早すぎるため、通信の頻度を落として電池寿命を延しています。通信頻度を低下させる方法の一つに、バッテリーから電源が供給できる車両側のレシーバーからTPMSセンサに対してセンサの読取り値を送信する指令を必要ときに送り、その応答を読み取る方式があります。この場合、センサに対してレシーバーから125 kHzなどの低い周波数のLF信号をASK変調をかけて送信するのが一般的です(LFコマンド信号)。応答信号はRF信号で315 MHz, 433 MHz, 800 MHzなどISMバンド、UHF帯域が使用されます。変調方式はセンサメーカーにより異なります。FSK変調で車両側に送信するのが一般的ですが、ASK変調が用いられる場合もあります。

NI RF信号アナライザとNI 任意波形発生器を用いることでこれらのLFコマンド信号の発生や、センサからのRF信号の受信、復調、解析などを行うシステムを構築することが可能です。これらNIのモジュール式計測器とLabVIEW等のプログラミングにより、通信方法やプロトコル仕様に変更がある場合も迅速に対応することが可能です。

TPMSリーダー・アナライザの応用

- TPMSセンサの評価・検査
- 自動車生産現場での検査
 - 無線信号の強度、周波数、変調度、高調波などの測定
 - センサからのデジタル情報の検証
 - タイヤ空気圧・温度の実測定



ni.com/jp

Advanced Automation
MDS 株式会社 松浦電弘社
www.donkoha.net

NATIONAL
INSTRUMENTS

このようなシステムはTPMSセンサの評価や検査、そして車両に取り付ける際の検査などに役立ちます。

ユーザ事例（自動車メーカー製造ライン）

- 課題
 - 受信感度のバラツキから通信エラー多発
 - 異なる周波数のセンサに対応していない
- 導入効果
 - 無線通信のエラーが激減し、生産効率アップ
 - 単一システムで異なる周波数のセンサに対応
 - ソフトウェアの修正でセンサの仕様変更に対応

ni.com/jp

Advanced Automation
 株式会社 松浦電弘社
www.donbutsu.co.jp

 NATIONAL
INSTRUMENTS

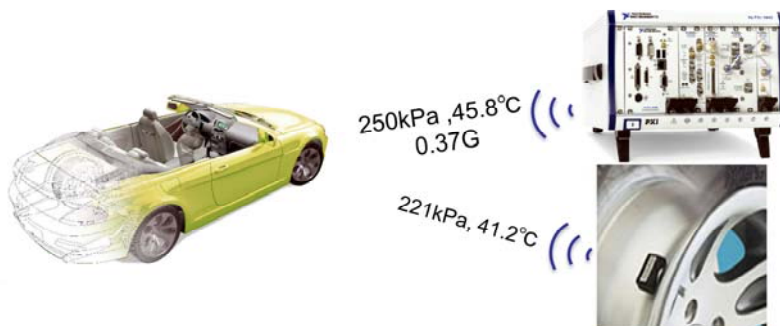
すでに某自動車メーカーではこのPXI RF信号アナライザを用いて車両の製造ラインの検査を行っています。装着するセンサが正しく反応しセンサID等の情報を送信してくるかどうかを確認し、不良センサがある場合などにはスペクトル測定でセンサからのRF信号を確認するなど、多目的に使用しています。今後電波法の改定やセンサのスペック変更などがあつた場合でも柔軟に対応できると言うこともあり、NIのモジュール式計測器を基本としたシステムを導入しています。

アジェンダ

- 背景
- TPMSリーダー・アナライザ
- TPMSセンサエミュレータ
- 応用範囲
- 実現に必要なシステム

TPMSセンサエミュレータ

- TPMSセンサが送信するRF信号を模擬
- 任意のタイヤ空気圧、温度などを設定し発信可能
- 今後の規格変更にも柔軟に対応



ni.com/jp

Advanced Automation
株式会社 松浦電弘社
www.dentech.co.jp

NATIONAL
INSTRUMENTS

TPMSセンサは、自身が感知したタイヤ空気圧値や温度値をデジタル情報に変換し無線で送信しています。センサから出力される信号のデジタル情報に埋め込まれた各値を変更するには通常センサその物に圧力を掛けたりヒーターなどで熱を加える必要があります。このような作業は一旦掛けた圧力を落としたり、高音環境を得るために加熱した後再度冷却するなど、環境を変化させるために多大な労力を必要とします。

そこで、ナショナルインスツルメンツのモジュール式計測器とソフトウェアを用いることにより、ユーザーが設定したい各センサが感知しているタイヤ空気圧や温度を入力すると、それらを即座にデジタル変調を掛けてRF信号で発信することができます。各TPMSセンサの仕様に基づき、各値の変換係数、データの並び方、信号同期用データなどを添付し、ASK、FSK変調を掛ける作業など、プログラミングで自由に変更できます。PXIシステムに搭載された組込みコントローラの高速演算により、ユーザーが入力した値は即座に反映されRF信号として出力できるため、過渡的なタイヤの変化を再現することが可能です。デジタル情報の編集にてタイヤ圧力値の変化を再現しているため、極度な高圧状態や極低温、極高温などの再現も可能です。

TPMSセンサエミュレータ

- 1台のシステムで4つのセンサを模擬
- 個別に空気圧や温度の値を変更可能



ni.com/jp

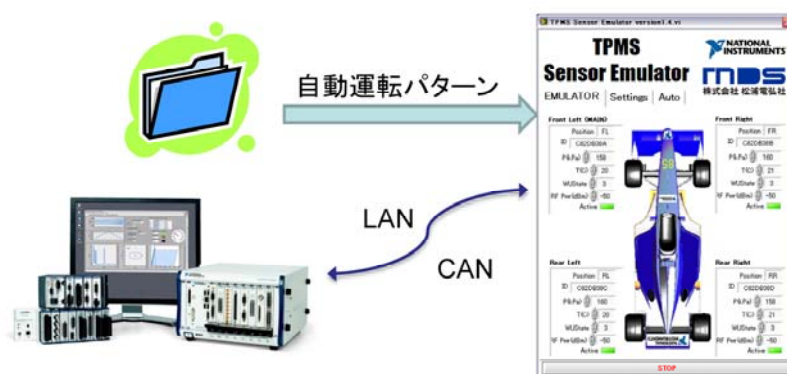
Advanced Automation
株式会社 松浦電弘社
www.donkotsu.com

NATIONAL
INSTRUMENTS

通常のタイヤ圧力監視システムは同一周波数で各センサからの信号をID番号で識別しています。同一方式の通信で複数のセンサからの信号を時間差で発信することにより、複数のタイヤからの信号を模擬できます。一台のRF信号発生器から複数のセンサからの信号と同等のRF信号を発生することができ、各センサからの電波環境を模擬できるよう、RF信号の出力レベルをセンサごとに変更することも可能です。

TPMSセンサエミュレータ

- 事前に定義した運転パターンに沿って各値を変更
- LANやCAN通信により外部から制御可能



ni.com/jp

Advanced Automation
株式会社 松浦電弘社
www.dontech.com

NATIONAL INSTRUMENTS

LabVIEWなどの開発環境を使用することで、他の装置との通信によるシステム構築も行えます。その他、事前に定義した運転プロファイルに沿って各タイヤの空気圧値や温度値を変化させながら、評価を行うことが可能です。1台の車両に搭載される4輪分のセンサの空気圧や温度の値を個々に自由に変更することができ、それらを自動運転する環境を模擬できるため、車両側の評価と組み合わせることでより利用範囲が広がります。

アジェンダ

- 背景
- TPMSリーダー・アナライザ
- TPMSセンサエミュレータ
- 応用範囲
- 実現に必要なシステム

ni.com/jp

Advanced Automation
 株式会社 松浦電弘社
www.donbutsu.net

 NATIONAL
INSTRUMENTS

TPMSセンサエミュレータの応用

- 車両安全性システムの検証
 - 各タイヤが空気圧を失う環境を自由に模擬
 - 各タイヤが通信不良になる環境を模擬
- 不安定な環境に対する車両の制御を開発・評価



ni.com/jp

Advanced Automation
MDS 株式会社 松浦電弘社
www.donbutsu.co.jp

NATIONAL
INSTRUMENTS

TPMSセンサエミュレータはセンサの直接の通信相手であるレシーバーの評価だけでなく、車両全体の評価にも貢献します。各タイヤの空気圧の低下を擬似的に再現することにより、車両が正しく状況を把握することができるかなど、車両安定制御の評価環境を再現します。

TPMSセンサエミュレータの応用

- **Electric Stability Control (車両安定制御)の開発**
 - メーカーにより異なる名称: VDC, VDS, ESP, DSC等
 - 4輪のタイヤからの情報を自由に変更できるため、極度な環境も模擬可能
 - 今後TPMSに加速情報などを追加する際も対応可能

ni.com/jp

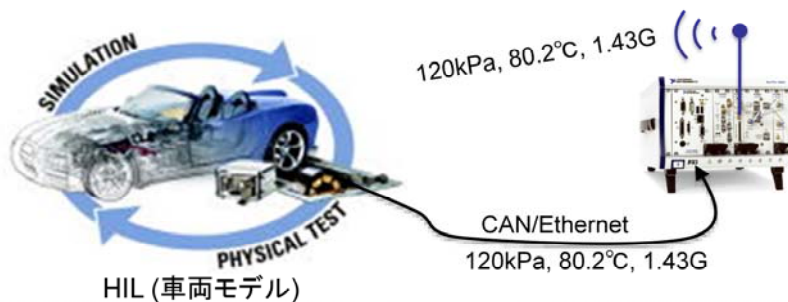
Advanced Automation
MDS 株式会社 松浦電弘社
www.donsha.co.jp

 NATIONAL
INSTRUMENTS

TPMSセンサエミュレータは、近年の車両に搭載されている車両安定制御や横滑り防止システムに対して、タイヤ空気圧の低下が発生した場合の車両側の制御を評価するのに役立ちます。

TPMSセンサエミュレータの応用

- タイヤ空気圧、温度情報も車両HILSの一部として連携可能
- RF信号を使用する為、車両側を実車に近い環境に再現可能



ni.com/jp

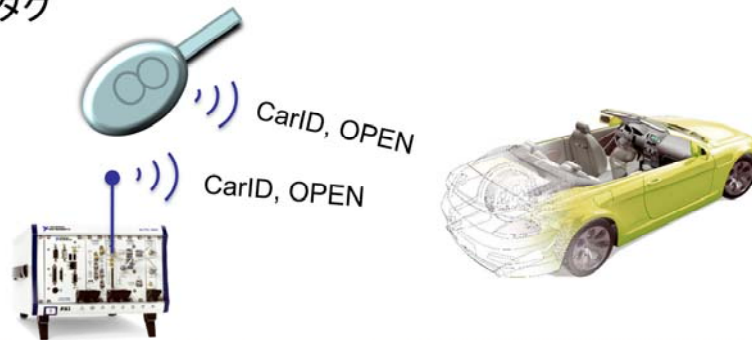
Advanced Automation
株式会社 松浦電弘社
www.donkoha.com

NATIONAL
INSTRUMENTS

NI PXIモジュール式計測器とLabVIEWを基本構造とすることで、車両開発に使用されるHILSシステムやラピッド・コントロール・プロトタイプ(RCP)などとも接続できます。車両安定制御などの評価に用いるHILSやRCPシステムと連動することにより、ECU開発時にTPMSセンサからの信号を模擬し、実走行で発生する空気圧の低下なども含めての評価が可能となります。

TPMSセンサエミュレータの応用

- 同様の通信方式のシステムの開発・評価
 - キーレスエントリー
 - スマートキー
 - RFIDタグ



ni.com/jp

Advanced Automation
株式会社 松浦電弘社
www.donbori.co.jp


NATIONAL
INSTRUMENTS

自動車のドアのロックに用いられる無線式の「キーレスエントリー」システムは、TPMSで使用される通信方法と似ているため、同様のPXI モジュール式計測器を用いて評価やシミュレーションを行うことができます。TPMSと同様に、鍵のIDやコマンドをデジタル変調して、キーレスエントリーの鍵と同様の信号を発信することが可能です。その他、鍵から発せられるRF信号を妨害する妨害電波の発生をNI RF信号発生器を用いて行うことも可能です。

アジェンダ

- 背景
- TPMSリーダー・アナライザ
- TPMSセンサエミュレータ
- 応用範囲
- 実現に必要なシステム

ni.com/jp

Advanced Automation
 株式会社 松浦電弘社
www.dentohsai.com

 NATIONAL
INSTRUMENTS

実現に必要なシステム

- PXIプラットフォーム
- NI PXI RF信号アナライザ
- NI PXI RF信号発生器
- NI LabVIEW



ni.com/jp

Advanced Automation
株式会社 松浦電弘社
www.densha.co.jp

NATIONAL
INSTRUMENTS

ここまで紹介してきたTPMSの計測・評価を行うシステムは、以下の製品を組み合わせることで実現できます。

NI PXIプラットフォーム

NI RF信号アナライザ

NI RF信号発生器

NI LabVIEW Modulation Toolkit, Spectral Measurement Toolkit

PXIプラットフォーム

PXI組込コントローラ

Core 2 Duo/Turion 64 CPU
60+GB HDD
Ethernet
USB
GPIB

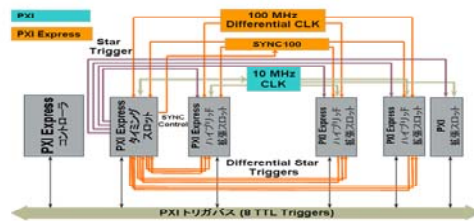


PXIシャーシ

PXI 1.0 (PCIバス互換: 132MB/s)
PXI Express (PCI Express互換)
PXI Express x1: **250MB/s**
PXI Express x4: **1GB/s**

PXIモジュール

RF信号アナライザ
RF信号発生器
CAN
Multifunction I/O
Etc.



ni.com/jp

Advanced Automation
株式会社 松浦電弘社
www.dentoh.co.jp

NATIONAL
INSTRUMENTS

PXIシステム

- 外部からの信号や情報を高速CPUで処理しRF変調信号を作成
 - LANで受信した情報を解釈しデジタルデータを変調処理
- 作成された変調信号をCPUから高速バスにてRF信号発生器に高速転送



ni.com/jp



PXI RF信号アナライザ PXI-5660/5661

- 基本スペックと機能

- 9 kHz ~ 2.7 GHz , 20 MHz RBW
- 最大80 dB SFDR
- 50 ppb 周波数精度
- 14-bit 分解能, 100 MS/s デジタイザ
- 64 or 256 MB メモリオプション
- 通常の箱形計測器の30%のサイズ

- 主要機能

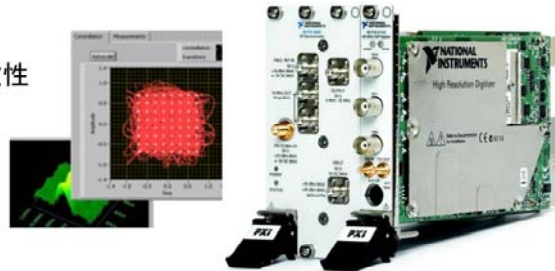
- HDDへのストリーミング
- バーストパワートリガ
- マルチレコード・トリガー収録
- 外部サンプルクロック
- NI-RFSA 2.0 Express Vis付き
- タイムスタンプ機能付き

- 多数の解析機能

- 変調ツールキットによる高い柔軟性

- 高いスループット

- 一般的な計測器より30-200倍
高速なRF計測
- > 100 MB/s データ転送レート



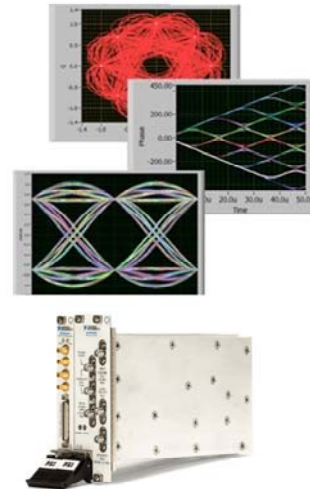
ni.com/jp

Advanced Automation
株式会社 松浦電弘社
www.dentoh.co.jp

NATIONAL
INSTRUMENTS

PXI RF信号発生器 PXI-5671/5672

- **基本スペックと機能**
 - 250 kHz~2.7 GHzの信号発生
 - 20 MHz リアルタイム帯域幅
 - -145 to +10 dBm パワーレベル
 - 50 ppb 周波数精度
 - CPUからのストリーミング機能
 - 波形スクリプト処理
- **柔軟性の高いソフトウェア**
 - 多数の変調処理
 - ASK, FSK, MSK, GMSK, PSK, QPSK, 1/4 DQPSK, QAM, AM, FM, PM, OFDM, Custom
- **大容量オンボードメモリ**
 - 32, 256, 512 MBメモリオプション



ni.com/jp

Advanced Automation
株式会社 松浦電弘社
www.dentoh.co.jp

NATIONAL
INSTRUMENTS

PXI RF CW信号発生器 PXI-565x

- 基本スペックと機能
 - 500 kHz ~ 6.6 GHz信号発生
 - 2msec以下でチューニング
 - FM, 2-FSK, OOK変調
 - 1 ppb 周波数分解能
 - 小型1スロット設計



ni.com/jp

Advanced Automation
MDS 株式会社 松浦電弘社
www.dentoh.co.jp

NATIONAL
INSTRUMENTS

LabVIEW: グラフィカル開発環境

- エンジニアや科学者のための直観的なプログラミング言語
- I/O、制御、解析、データ表示のための多数の関数
- 工業システム・デスクトップ・モバイルデバイス・組み込みシステムなどに実装可能
- 様々なアプリケーションに適した高レベルの開発ツールやライブラリ



ni.com/jp

Advanced Automation
MDS 株式会社 松浦電弘社
www.dentohsai.com

 NATIONAL INSTRUMENTS

まとめ

- TPMSアナライザ
- TPMSセンサエミュレータ
- 応用



TPMS