

# オシロスコープの基礎 - 概要から機能紹介まで



**ROHDE & SCHWARZ**

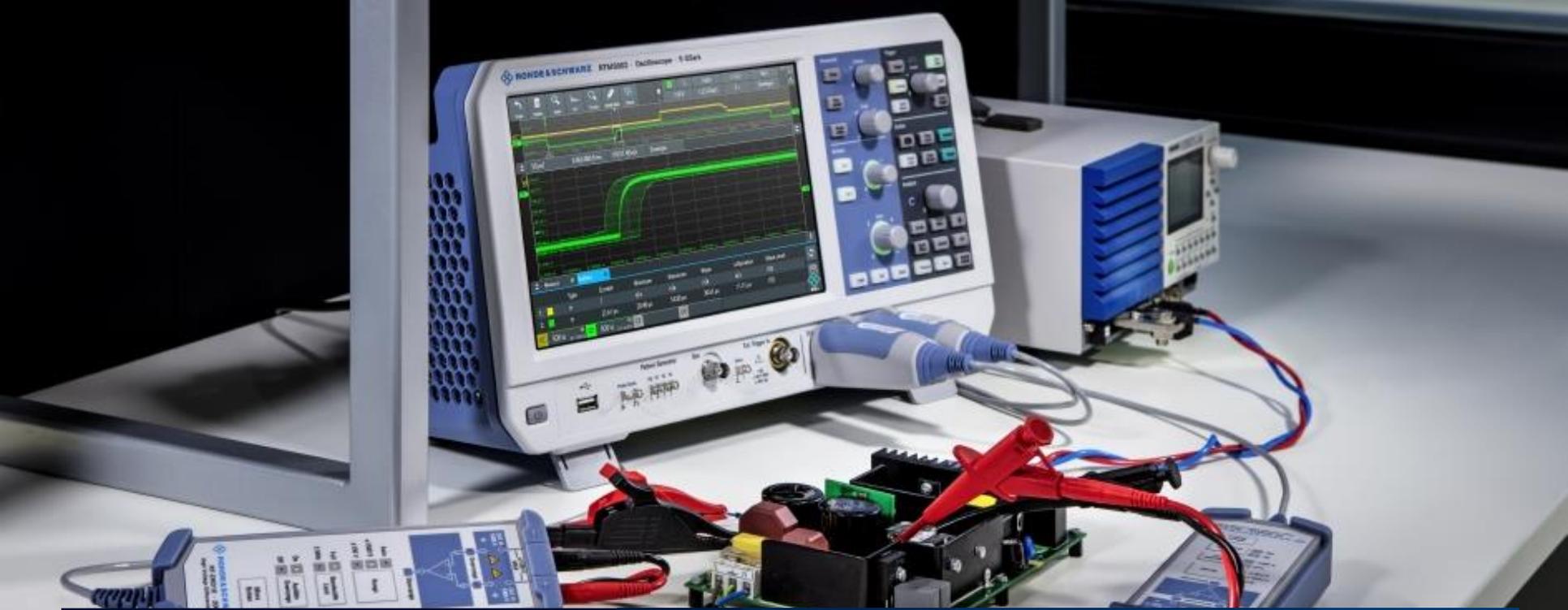
Make ideas real



# 本日のアジェンダ



- ▶ オシロスコープの概要
- ▶ オシロスコープの構造
- ▶ オシロスコープの機能
- ▶ 最新のオシロスコープ

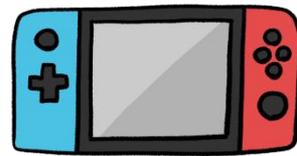


# オシロスコープの概要

# オシロスコープって何？

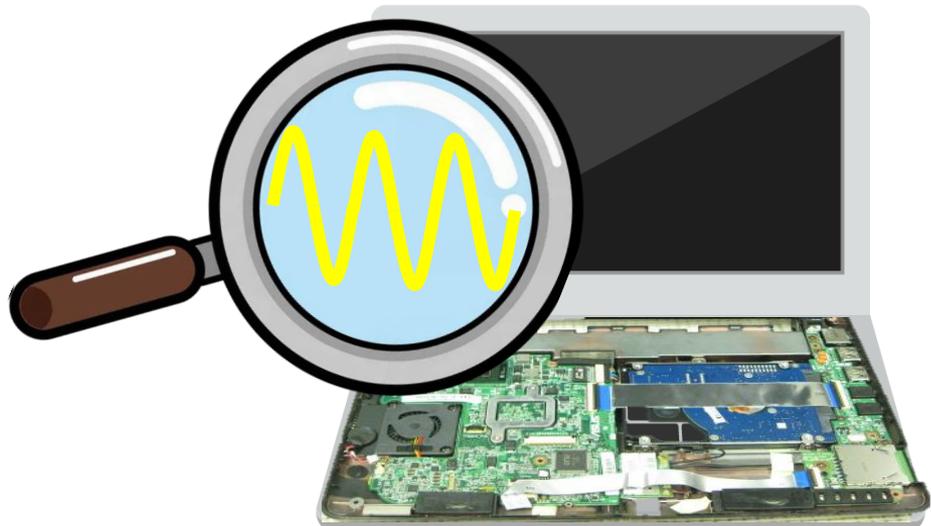
- ▶ ノートPC、テレビ、ゲーム機、あるいはスマートフォンなど、電気信号で動作している製品開発には必ず使用されている計測器

それがオシロスコープです！



# 何でオシロスコープが必要なの？

- ▶ 製品を動かす電気回路を流れている電気信号をみるために必要です
- ▶ 電気信号をみることで、回路が正しく動作しているのかを確認できます



# ここでワンポイント！

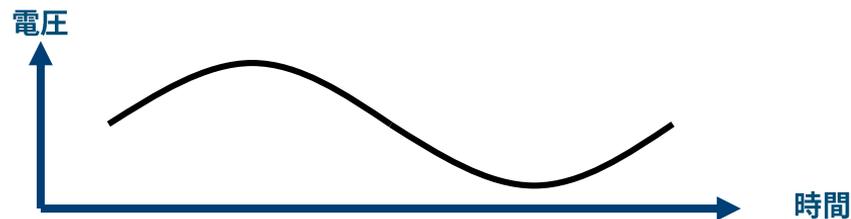
- ▶ 広く家電製品やIT機器に使用されているDDR (Double Data Rate) メモリのトレンドを示します
- ▶ データレートが高速化する一方で、電圧レベルは低下しています
- ▶ このことからオシロスコープの選定には以下の2つのポイントが重要であることがわかります
  1. 高速なデータレートの信号評価には、広帯域なオシロスコープが必要
  2. 低電圧な信号評価には、シグナルインテグリティに優れたオシロスコープが必要

|                   | DDR1           | DDR2            | DDR3            | DDR4             |
|-------------------|----------------|-----------------|-----------------|------------------|
| データレート            | 200 ~ 400 Mbps | 400 ~ 1066 Mbps | 800 ~ 2133 Mbps | 1600 ~ 3200 Mbps |
| 立上り時間 (20% - 80%) | 216 psec       | 150 psec        | 50 psec         | 27 psec          |
| 測定に必要な帯域幅         | 2.5 GHz        | 3.5 GHz         | 12.5 GHz        | 12.5 GHz         |
| 電圧レベル             | 2.5 V          | 1.8 V           | 1.5 V           | 1.2 V            |

# オシロスコープでどのような信号を評価するの？

- ▶ 電気信号にはアナログ信号とデジタル信号があります

アナログ信号は連続的に変化する信号

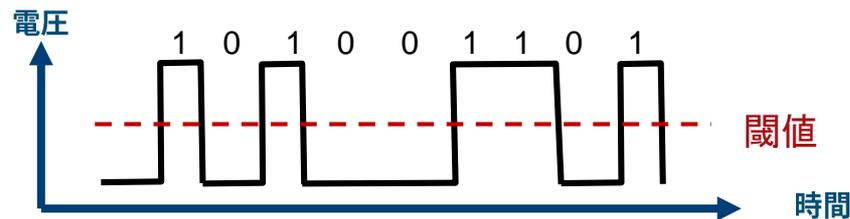


代表例

- 携帯電話の高周波回路
- 家電製品の電源回路



デジタル信号は“1”と“0”に変化する信号



代表例

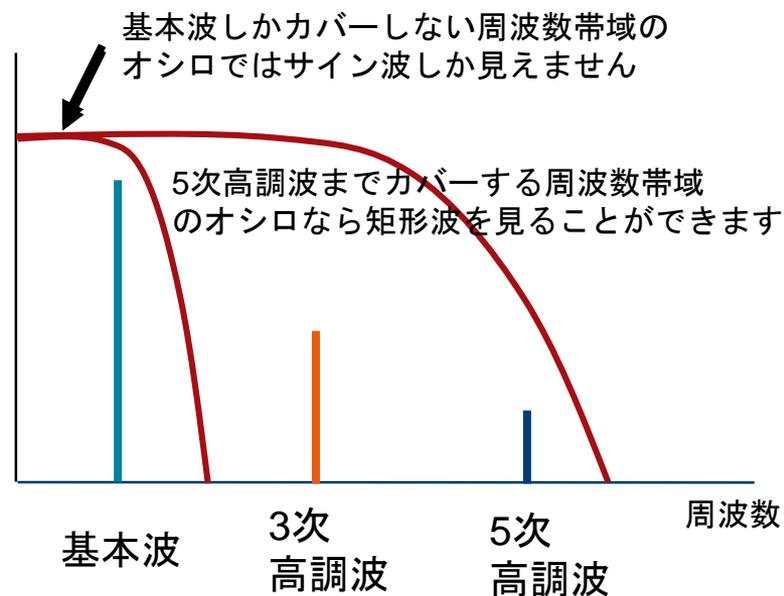
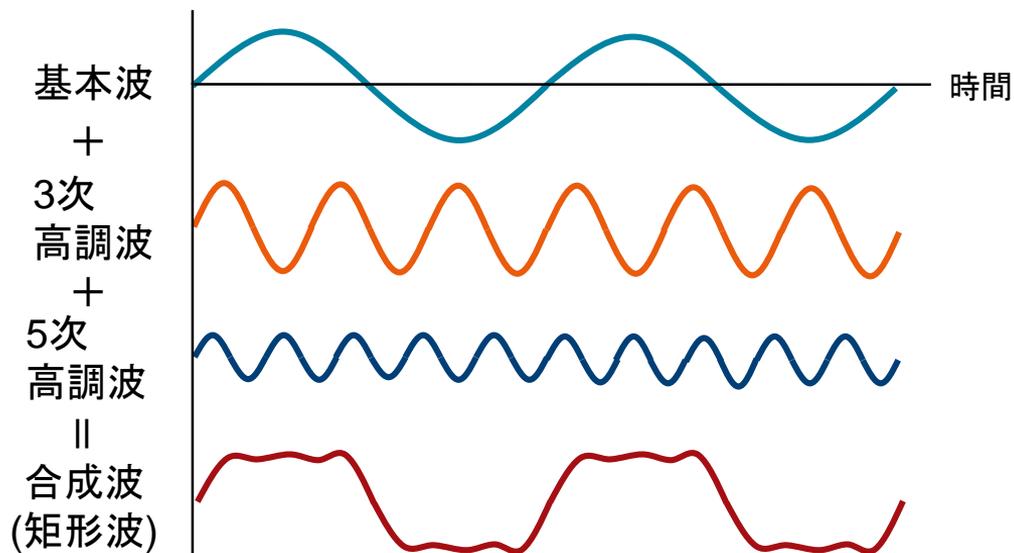
- パソコンのMPUやデジタルインタフェース回路 (USB, HDMIなど)
- メモリ (DDRなど)



# オシロスコープの帯域とは何か？

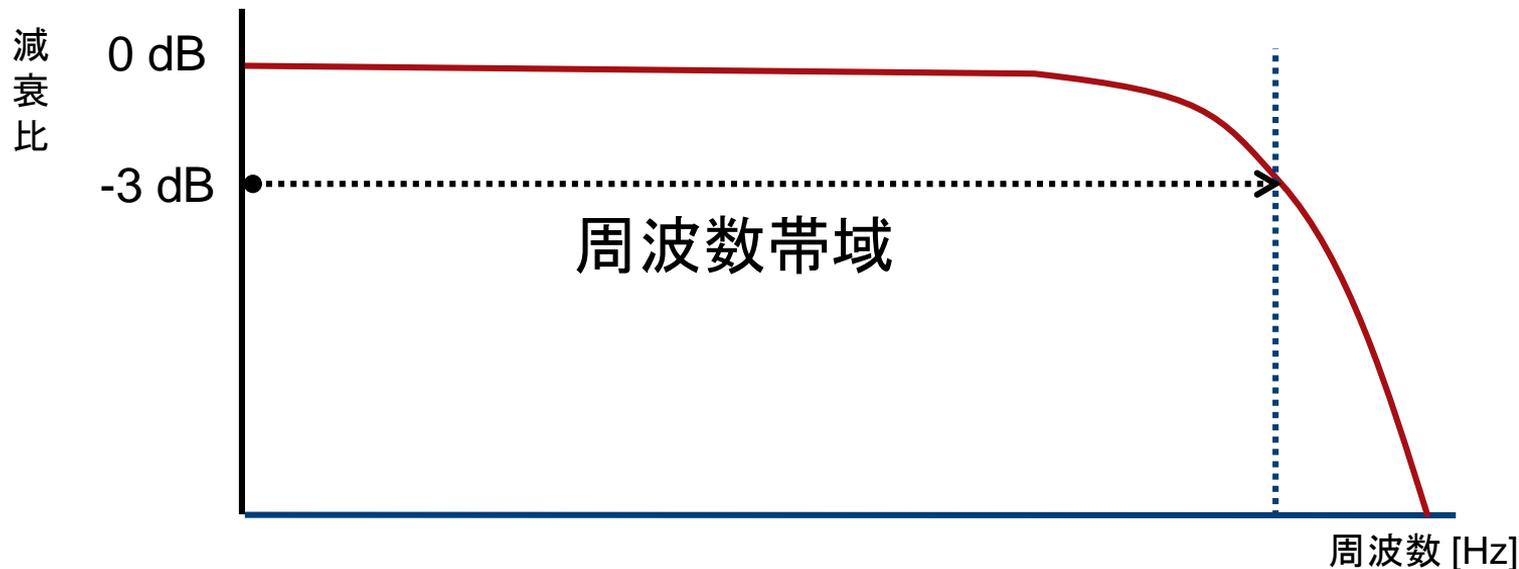
▶ オシロスコープには測定可能な帯域があります

- 測定可能な帯域とは、信号に含まれている周波数成分をどこまで評価できるかを意味します
- 評価したい信号に含まれている周波数成分に応じたオシロの選択が重要です



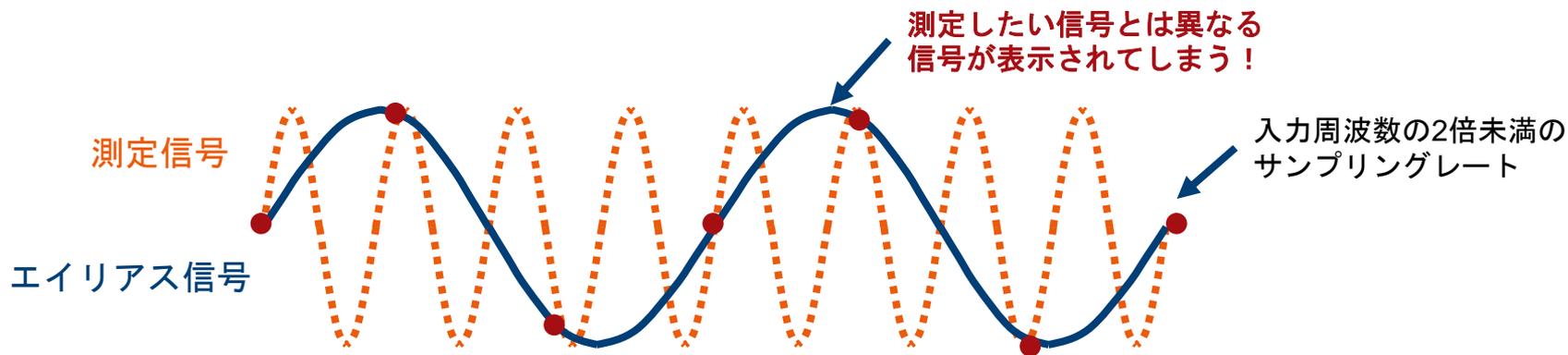
# オシロスコープの帯域とは何か？

- ▶ 測定可能な帯域に制限するためにローパスフィルタが入力チャネルの後段にあります
  - 一般的にはガウシアンフィルタが採用されています
  - 電圧振幅の減衰比が  $-3\text{ dB}$  (本来の振幅の70.7%)となる周波数が周波数帯域です



# オシロスコープの帯域とは何か？

- ▶ オシロスコープの帯域以上の信号が含まれていると、エイリアジングの問題が発生します
  - エイリアジングとは、ADコンバータのサンプリングレートが入力周波数の2倍（ナイキスト周波数）以上ない場合に、エイリアスと呼ばれる測定信号とは異なる信号が観測される現象です
  - オシロスコープの選択では、サンプリングレートが測定帯域の**2.5倍以上が推奨です！**



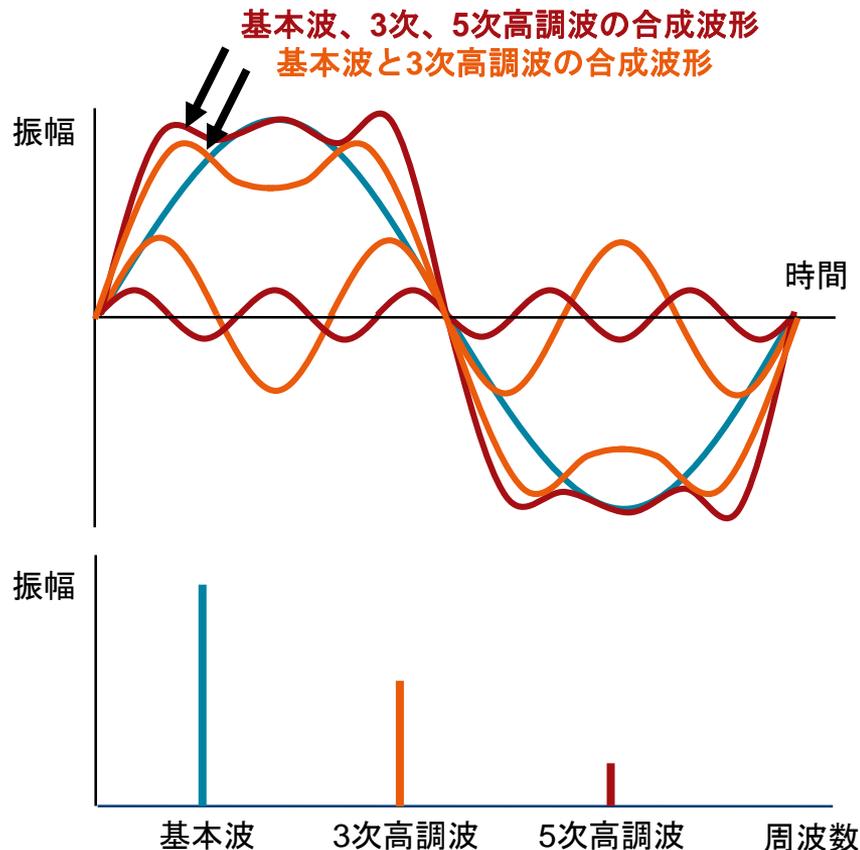
# ここでワンポイント！

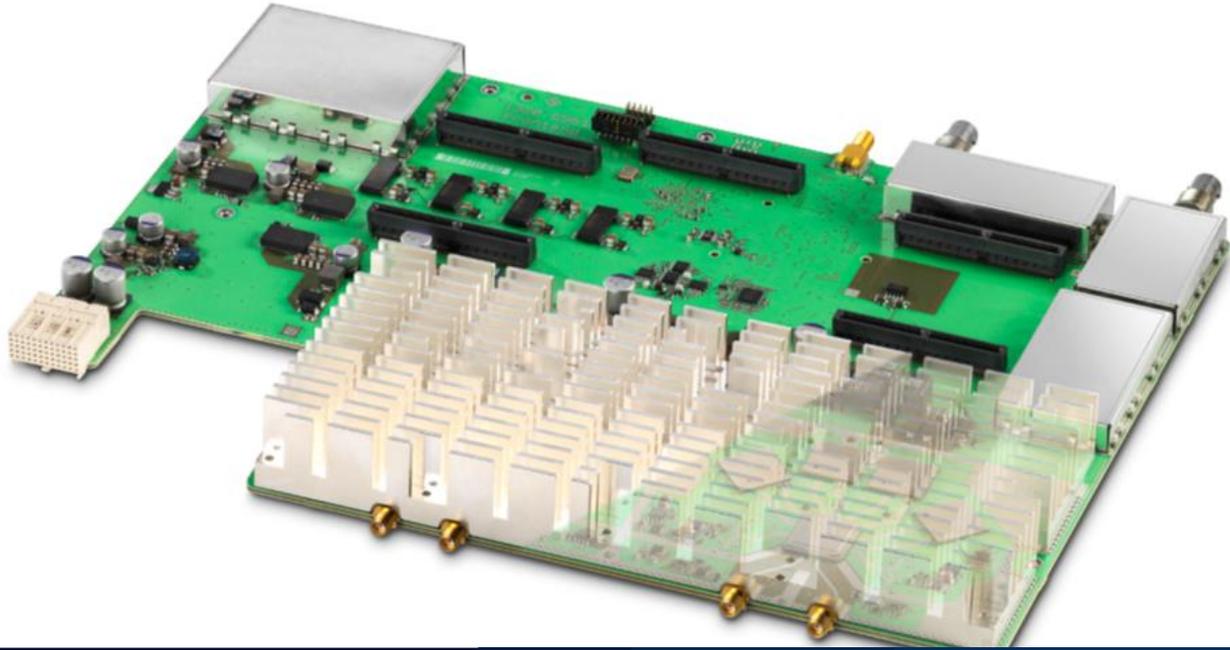
- ▶ 早い立上り時間を持つ信号ほど、高い周波数成分を持っています
- ▶ オシロスコープの帯域は、以下の計算式によって求めることができます

$$\text{オシロの帯域} = \frac{0.35}{\text{Tr (信号の立上り時間)}}$$

例：前述のDDR4の場合 (Tr: 27 psec)

$$0.35 \div 27\text{e-}12 = 12.9 \text{ GHz BW}$$

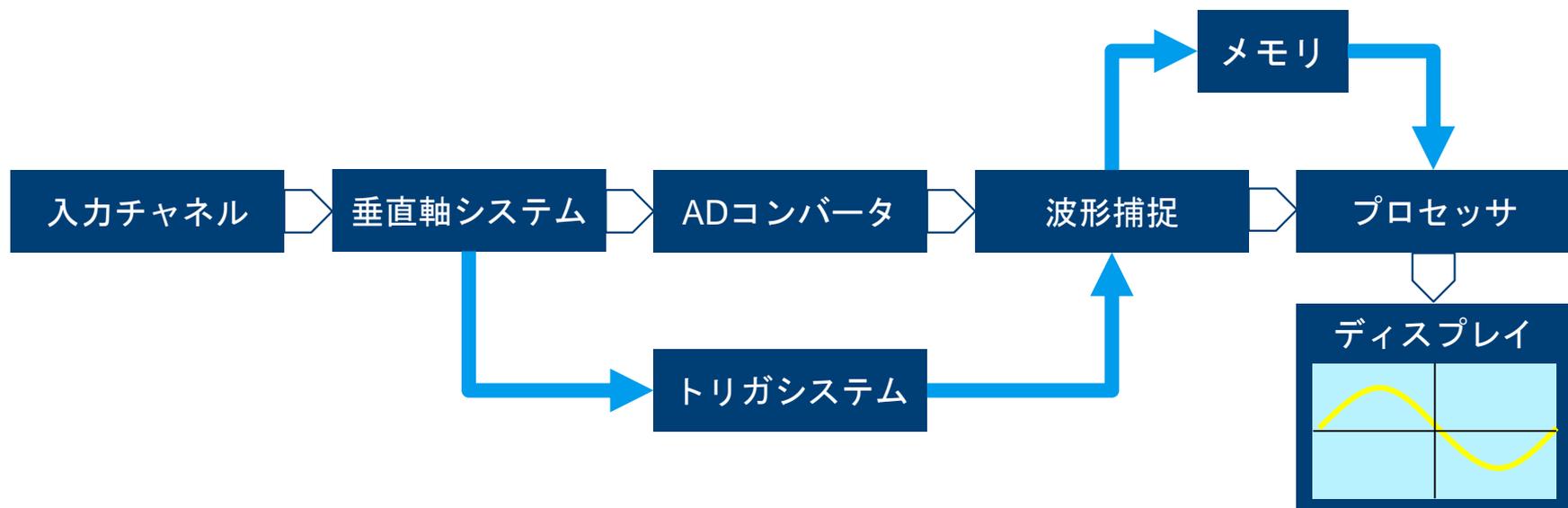




# オシロスコープの構造

# オシロスコープの構造とは？

## ▶ オシロスコープのブロック図



# オシロスコープの構造とは？

- オシロスコープにプローブと呼ばれる製品を接続して電気信号を観測します
- 理想的なプローブは抵抗が無限大で、入力容量 (C) がゼロです
  - なぜなら、被測定回路の動作に影響を与えないためです

入力チャンネル

プローブの抵抗や入力容量は値を持つので用途に応じた選択が必要です



# パッシブプローブとアクティブプローブ

## ▶ パッシブプローブ

- 廉価で幅広いアプリケーションに対応した堅牢性があり、操作性に優れています

## ▶ 一般的な減衰比は x 1 と x 10 があります

- x 1 プローブは小信号(50 V程度)評価に適していますが、帯域幅(10 MHz程度)が狭い
- x 10 プローブは高電圧(400 V程度)評価に適しており、帯域幅(500 MHz程度)が広く回路にかかる負荷が x 1 プローブよりも小さい



## ▶ アクティブプローブ

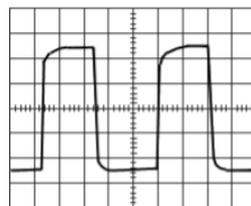
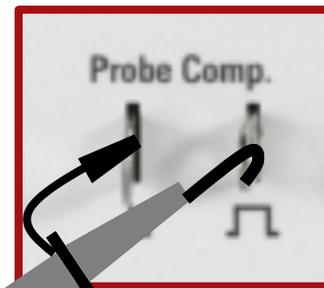
- 高価で広帯域な測定範囲(16 GHz <)を持つ
- 高入力インピーダンスアンプを内蔵しており、電源が必要で壊れやすい
- パッシブプローブと比較して入力抵抗が低く、電圧測定範囲(5 V程度)も狭い
- シングルエンドだけでなく、差動測定用のプローブも用意されている



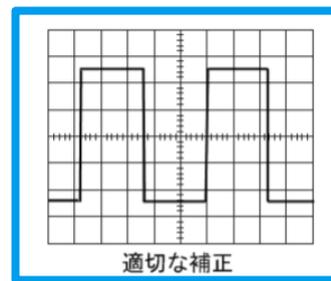
# ここでワンポイント！

## ▶ パッシブプローブの補正

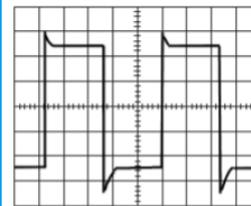
- プローブキャパシタンスを調整しオシロスコープ固有な入力容量の影響を補正します
- プローブチップを補正用の方形波ソースに接続し、プローブのグランドリードをグランドに接続します
- ドライバーを使用してコネクタ付近にあるキャパシタンスを調整し、方形波補正信号がなるべく整った方形になるように調整します



補正不足



適切な補正



過補正

# オシロスコープの構造とは？

入力チャンネル

垂直軸システム

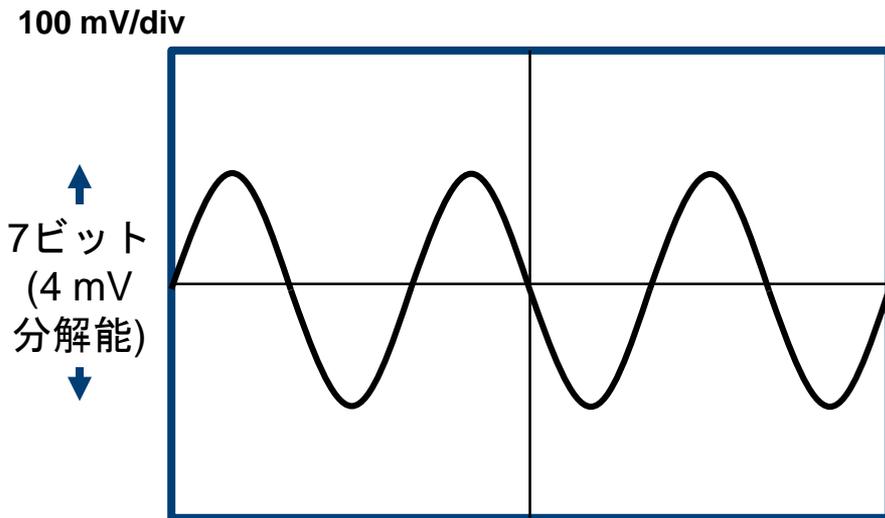
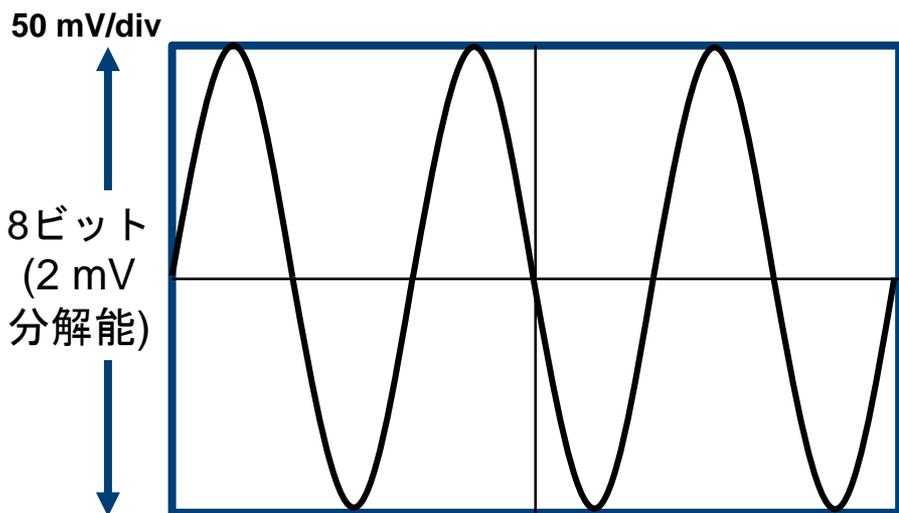
ADコンバータ

- 垂直軸システムは、プローブから入力された信号をADコンバータの入カレベルに最適化するためのアッテネータやアンプが搭載されています
- ADコンバータは、垂直軸システムで適正な入力レベルになった信号を、サンプリングによりデジタル値に変換します
- この例では8ビットのADコンバータでデジタル値に量子化されています



# ここでワンポイント！

- ▶ オシロスコープの垂直軸システムを設定するときの注意点
  - 電圧調整ノブを使用して**画面の波形を最大化すること！**
  - オシロスコープは垂直軸を全て使用した場合に8ビット分解能が得られるように設計されているためです



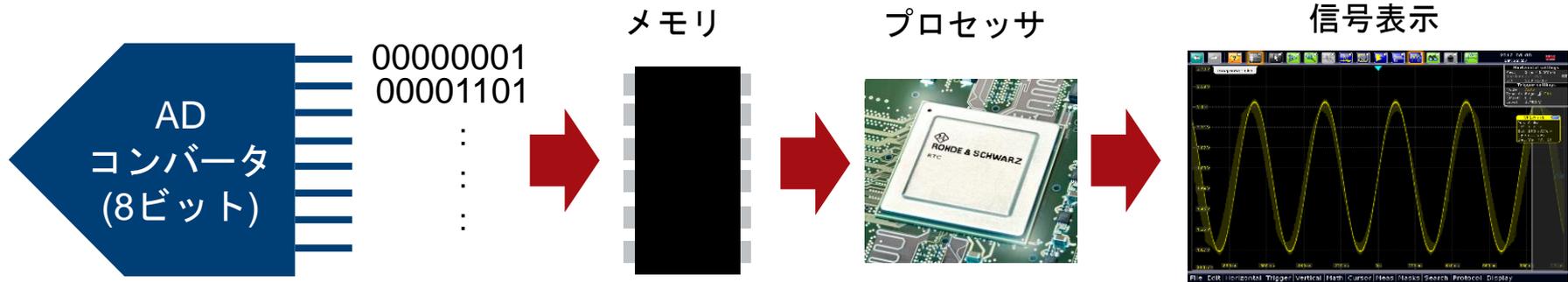
# オシロスコープの構造とは？



- ADコンバータで量子化された信号はメモリに保存されます
- 保存された波形データは、プロセッサで表示用データに処理されます
  - 具体的には測定値や波形演算データなど
- ディスプレイに信号および測定値や波形演算データが表示されます



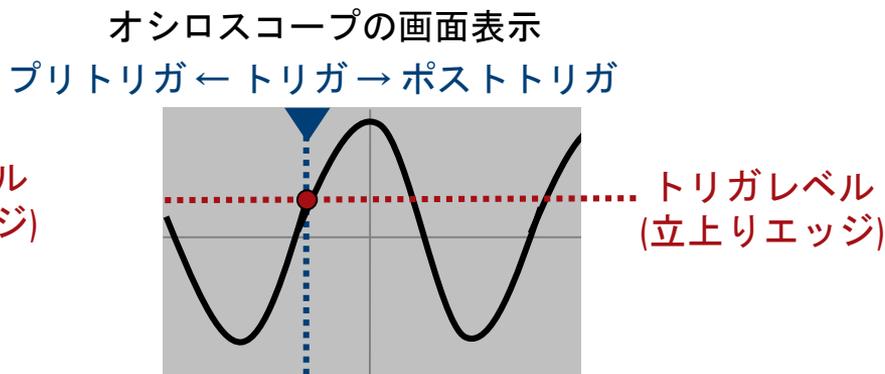
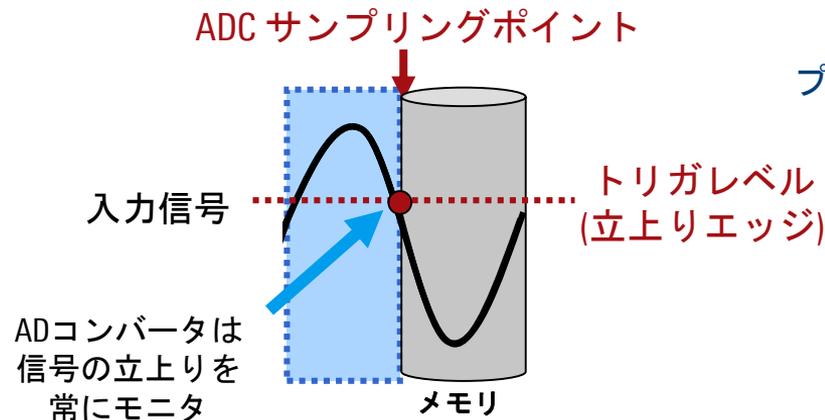
信号表示



# オシロスコープの構造とは？

## トリガシステム

- ▶ トリガシステムとはオシロスコープの画面上に波形を止めるための機能です
  - ここでは、信号の立上りでトリガをかけてオシロスコープの画面に表示させる例を示します
  - トリガがかかると波形は止まらずに画面上を流れた状態が続きます
  - 予め設定された**トリガレベル**を超えた立上り信号が入力された時点でトリガがかかります
  - トリガ点を中心にそれまで捕捉したデータをプリトリガ（トリガ以前の波形）、そしてこれから捕捉するデータをポストトリガ（トリガ以降の波形）として画面に描くことで波形が表示されます



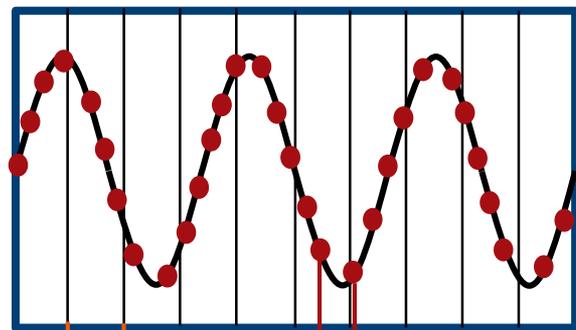


# オシロスコープの機能

# メモリ長とは？

- ▶ メモリ（レコード長）に保存できるデータ量は、以下のような計算式で求められます
  - この例では、10 Gサンプル/秒のサンプリングレートで、1画面のデータを捕捉した場合に必要なメモリ量の計算方法を示します

電圧



100 ns x 10 Div. 10 Gサンプル/秒

捕捉時間

サンプルレート

10 Gサンプル/秒

x

捕捉時間

時間  
スケール

x Div.数

= メモリ長

x

100 ns/Div. x 10 Div.

=

10K サンプル

# メモリ長とは？

▶ 参考までに、測定に必要なメモリ長をリストで掲載しておきます

| レコード長       | 10 Mサンプル         | 50 Mサンプル         | 100 Mサンプル          |
|-------------|------------------|------------------|--------------------|
| 10 Gサンプル/秒  | 1 ms             | 5 ms             | 10 ms              |
| 5 Gサンプル/秒   | 2 ms             | 10 ms            | 20 ms              |
| 1 Gサンプル/秒   | 10 ms            | 50 ms            | 100 ms             |
| 500 Mサンプル/秒 | 20 ms            | 100 ms           | 200 ms             |
| 100 Mサンプル/秒 | 100 ms           | 500 ms           | 1000 ms (1 sec)    |
| 10 Mサンプル/秒  | 1,000 ms (1 sec) | 5,000 ms (5 sec) | 10,000 ms (10 sec) |

# ここでワンポイント！

- ▶ オシロスコープはサンプリングレートを調整して、設定された捕捉時間の波形を表示します
  - メモリが小さいとサンプリングレートを低下させる必要があるため帯域幅が減少し、正確な波形表示ができなくなります
  - メモリが大きければ捕捉時間が増加した時でも、最大サンプリングレートを維持できるため正確な波形表示ができます
  - 注意：長いメモリを使用するとデータ処理に時間を要するため、**波形更新速度の低下を招きます**



# トリガシステムにはどのような種類があるの？

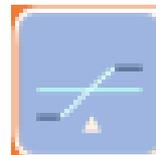
- ▶ エッジトリガは最も基本的なトリガシステムで、広く用いられています
- ▶ 信号が設定されたトリガレベルを超えたポイント(エッジ)でトリガ(T)がかかります
  - 立上り、立下り、あるいは両方のエッジでトリガを設定できます



立上りエッジ

立下りエッジ

両方のエッジ



# トリガシステムにはどのような種類があるの？

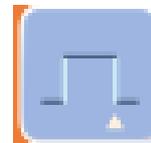
## ▶ トランジション時間

- 低速 / 高速エッジ（特定の電圧範囲を信号が通過する時間で設定）
- 不安定な回路の評価 / トラブルの原因となる信号放射を捕捉



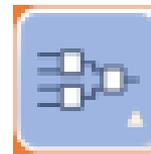
## ▶ パルス幅（信号のパルス幅の持続時間で設定）

- 符号間干渉(ISI)の評価



## ▶ ステート（複数チャネルの論理回路で設定）

- パラレルバスの不具合解析



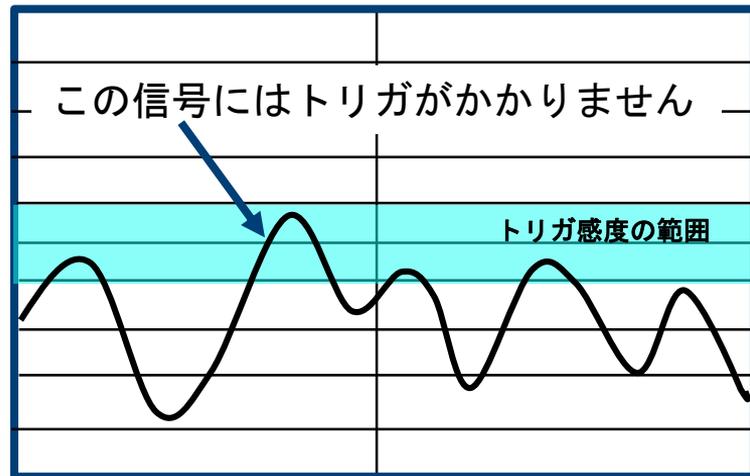
## ▶ グリッジ（パルス幅よりも、さらに短い持続時間で設定）

- クロストークで発生するような急峻なパルス信号の捕捉



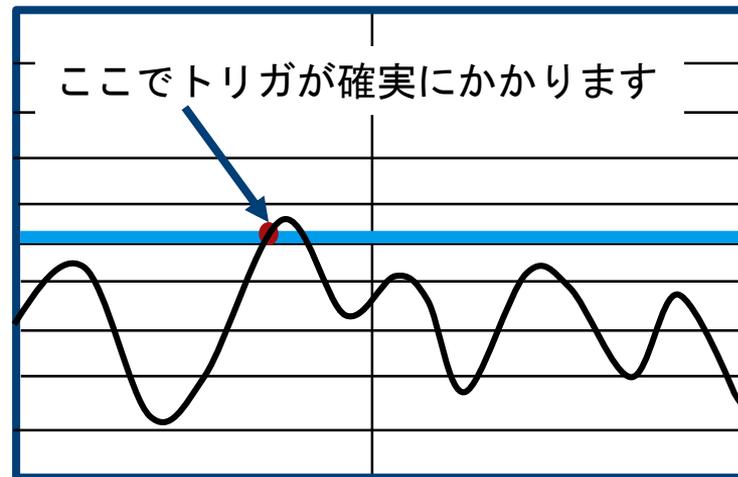
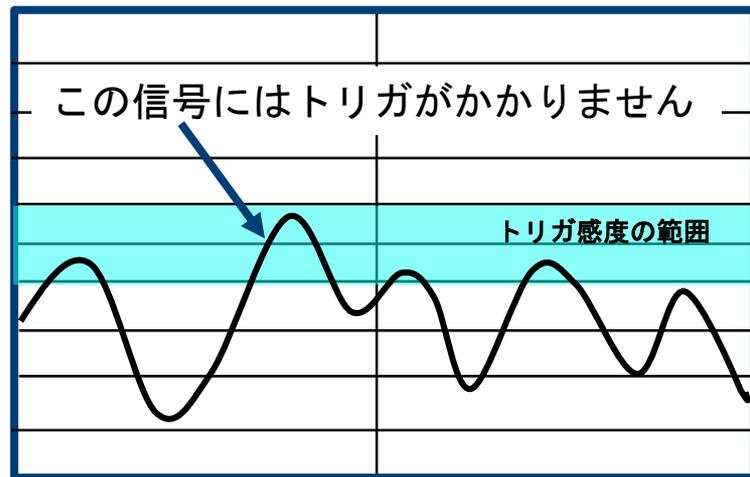
# デジタルトリガシステムとは？

- ▶ 業界で唯一、R&Sのオシロスコープだけが搭載しているトリガシステムです
- ▶ アナログトリガシステムにはトリガ感度という仕様があり、一般的には測定信号の帯域によって感度が異なります
  - 以下の例では、青枠部分がトリガ感度の範囲で、この範囲を超えて信号が横切らないとトリガがかからないということを意味しています



# デジタルトリガシステムとは？

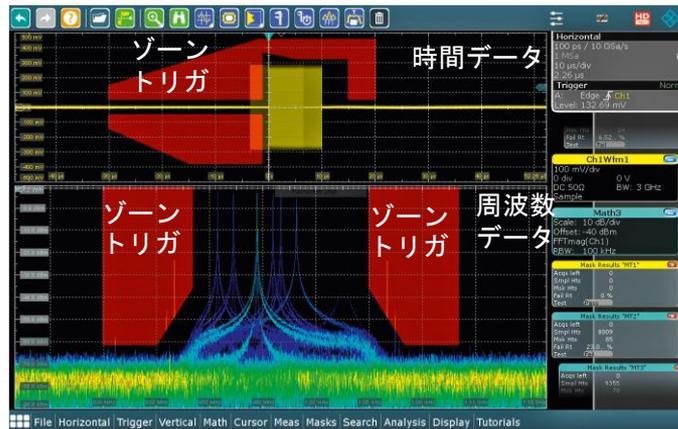
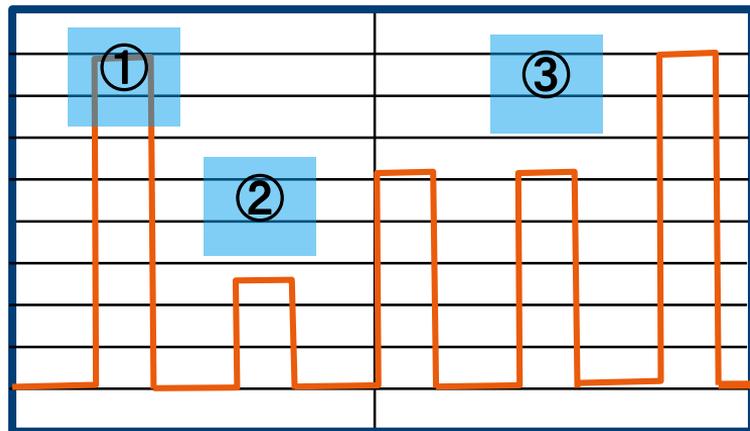
- ▶ デジタルトリガシステムにはトリガ感度がないため、設定したトリガレベル(青線)を信号が横切れば確実にトリガがかかります
- ▶ つまり、微小な信号であっても確実にトリガをかけることができます



# ここでワンポイント！

## ▶ こんなに便利なゾーントリガ機能

- ゾーンを画面上に設定し、そのゾーンを信号が通過する・しないでトリガをかける機能です
- 任意の形状のゾーンを、最大8個まで設定可能で、通過する・しないの組み合わせも可能です
- 左図の例では①を通過する、②を通過しない、③を通過しない組み合わせでトリガをかけています
- 右図の例では、時間データだけでなく、FFT処理した周波数データにもゾーントリガを設定することで、時間と周波数の両面から信号解析が可能になります



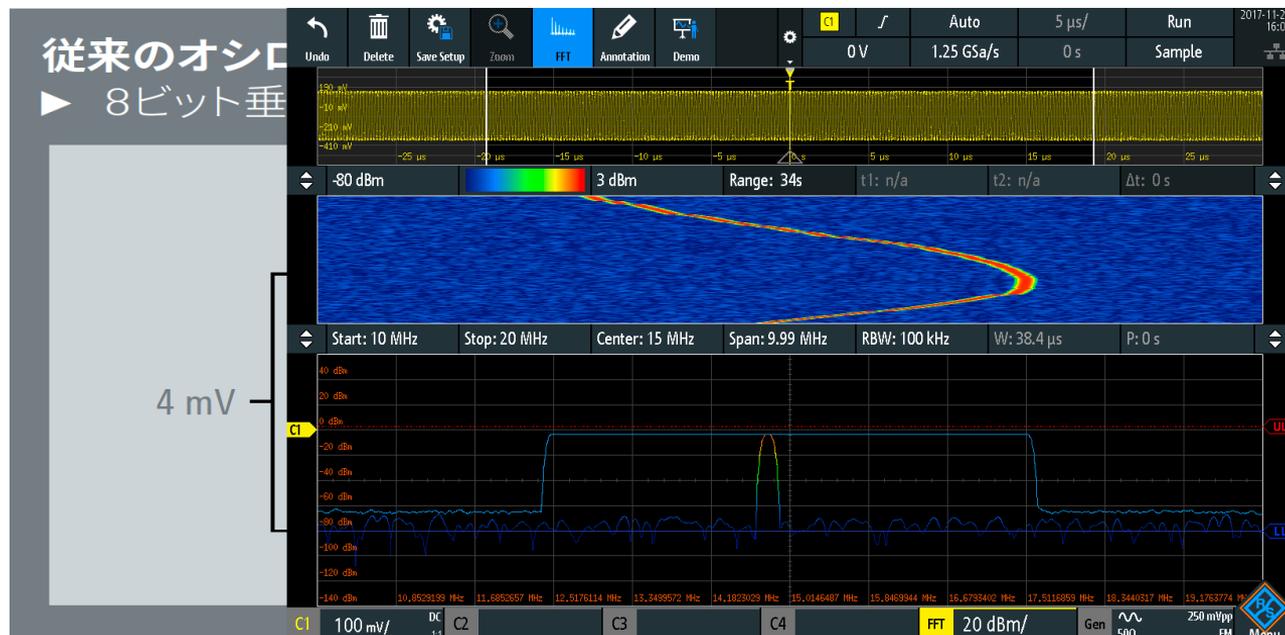


# 最新のオシロスコープ



# こんなに役立つ最新のオシロスコープ！

- ▶ FFT機能の分解能に劣る従来の8行えな製品と周波数分解4倍の電圧分解能を実現！
  - EMIの簡易デバッグや携帯端末の回路最適化に使用されている小信号でも詳細な解析が可能になります！！



# まだまだあります！豊富な機能



タッチスクリーン  
でスマホのよう  
な操作性



大画面で見や  
すい表示



ロングメモリで  
不具合波形を見  
逃しません



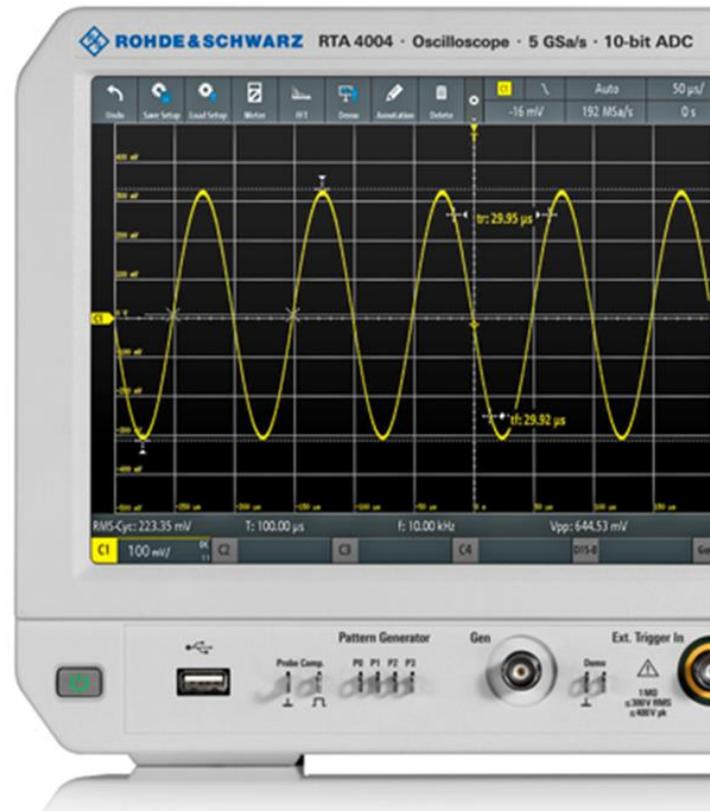
ノイズの少ない  
波形で正確な測  
定が可能に



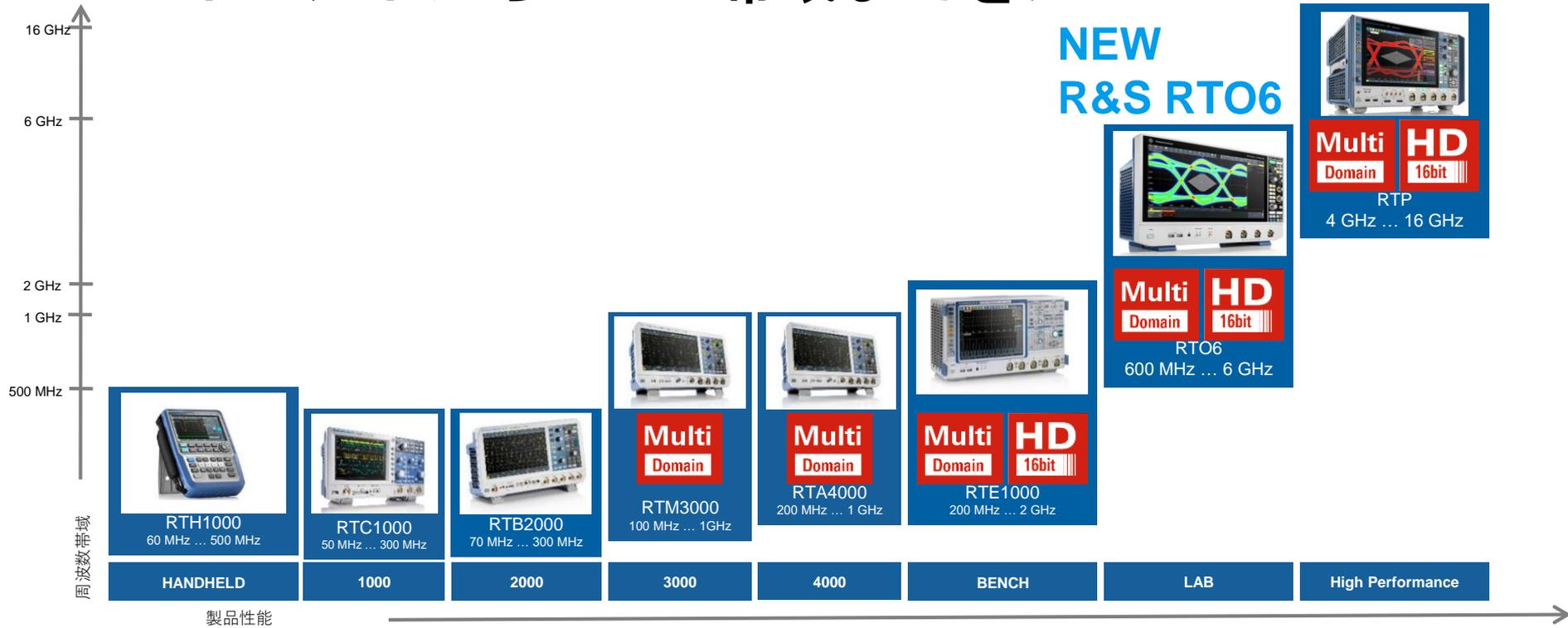
電圧計内蔵で  
マルチメータ不要



ロジック・ア  
ナライザも搭  
載できます



# 最新のオシロスコープポートフォリオ ハンドヘルドから16 GHz帯域までをカバー！



Thank  
you

