

H-5

Ethernetインターフェースの評価手法



脇本 雄太

Tektronix[®]

KEITHLEY
A Tektronix Company

Ethernetの概要

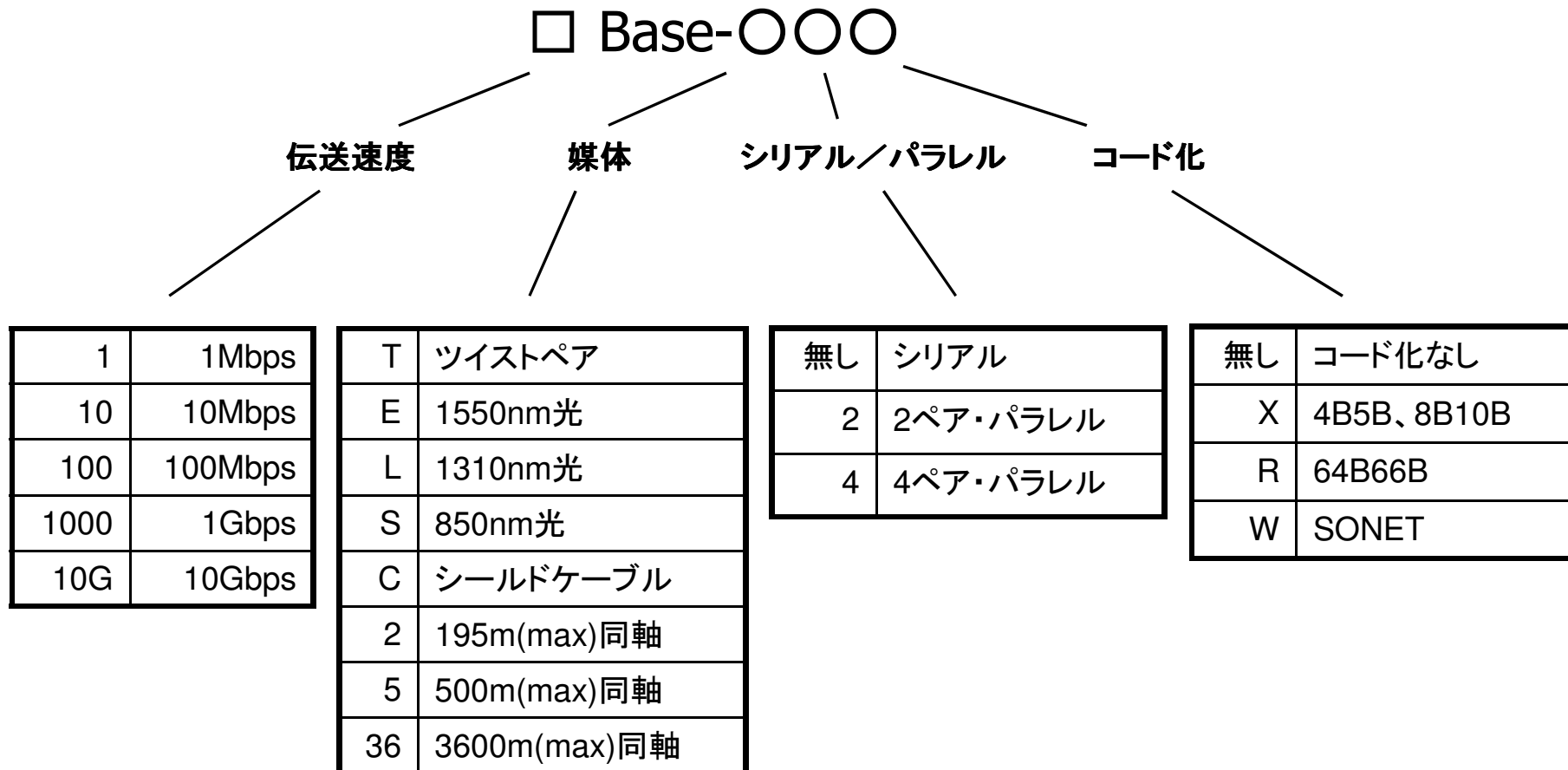


Ethernetの歴史

- 1980年: LANの標準化のためIEEE802委員会設置
 - 802.3WGによりCSMA/CD方式を推進
- 1990年: 10BASE-T(IEEE802.3i)規格
 - 同軸の10BASE5と同じ10Mbps伝送速度をツイストペアで実現
- 1995年: 100BASE-TX(Fast Ethernet、IEEE802.3u)規格
 - 光ファイバLAN(FDDI, 100BASE-FX)と同じ100Mbps伝送速度を使いやすく、安価で実現
 - カテゴリ5のツイストペア使用
- 1999年: 1000BASE-T(Giga Ethernet、IEEE802.3ab)規格
 - 幹線向けLAN(ATM, HIPPI, FC)の構築、運用を容易化するためにEthernetを高速化
 - カテゴリ5のツイストペア使用
- 2006年6月: 10GBASE-T(802.3an)
 - カテゴリ7のケーブルで100m
 - カテゴリ6で55～100m
- 2010年6月: 40G/100G Ethernet規格化(802.3ba)

Ethernet規格

■ Ethernetインターフェースの識別



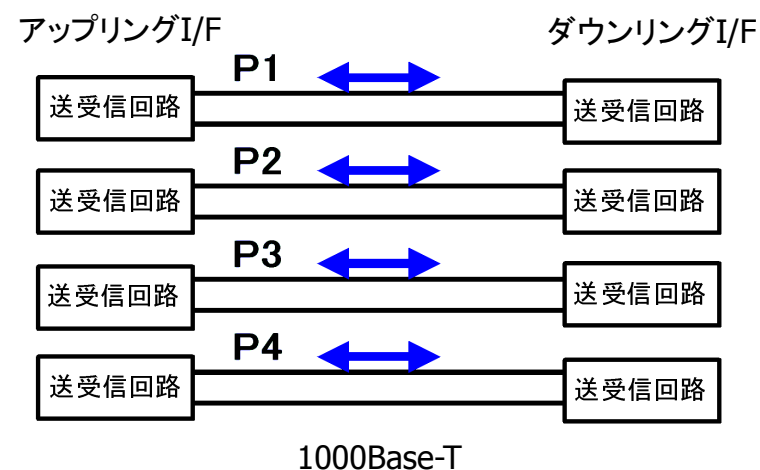
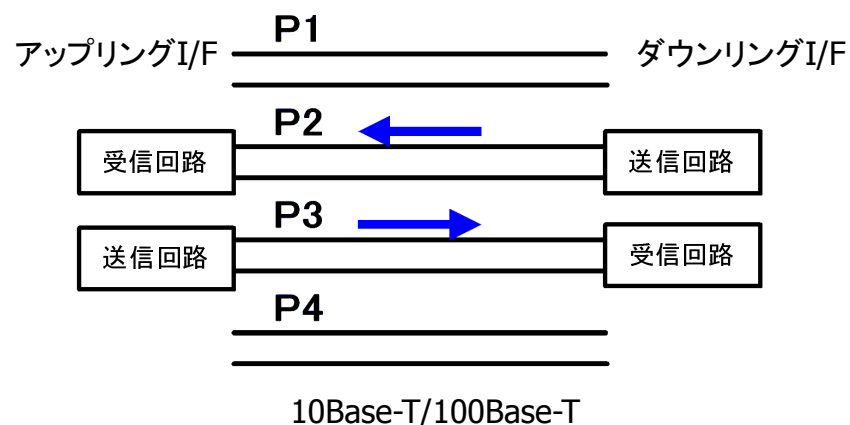
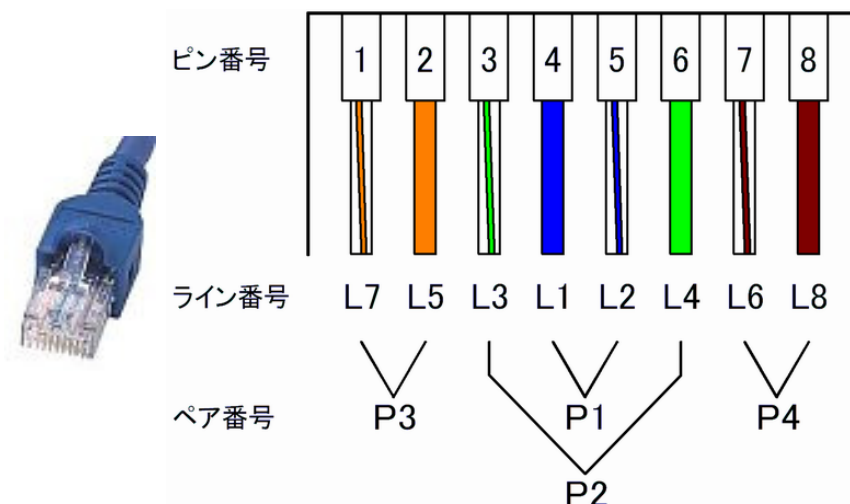
現在は安価なツイスト・ペア・ケーブルを使用した規格が多く使用されている

Ethernetツイスト・ペア・ケーブル

- 4対のシールド無しツイストペア
 - コネクタはRJ-45を使用

- 使用ピン

- 10BASE-T / 100BASE-TX
 - P2、P3使用
 - 送信、受信独立
- 1000BASE-T
 - P1~P4全て使用
 - 送受信同時



Ethernetケーブルのカテゴリ

■ ケーブルカテゴリと規格への対応

	周波数帯域規定	10BASE-T	100BASE-TX	1000BASE-T	10GBASE-T
カテゴリ3	16MHz	○	×	×	×
カテゴリ5	100MHz	○	○	○	×
カテゴリ5e	100MHz (350MHzまで保証) 伝播遅延、遅延スキュー、 リターン・ロスなど項目追加	○	○	○	×
カテゴリ6	250MHz	○	○	○	○(55m)
カテゴリ6a	500MHz	○	○	○	○
カテゴリ7	600MHz	○	○	○	○

Ethernetコンプライアンス・テスト

- セルフ・コンプライアンス
- UNH-IOLによるテスト・サービス
 - University of New Hampshire – Inter Operability Laboratory
 - 各種インタフェースの相互接続性テストのサービス提供



UNH-IOLによるテスト

ニューハンプシャー大学のインターオペラビリティラボ(UNH-IOL)は、民間でコンサルティングを行うテストラボとしては、北米で最大規模のラボです。このラボでは、次のような20種類の製品をテストしています。

- 10BASE-T
- 10 Gigabit Ethernet
- Bridge Functions
- DLNA/ICV Test Services
- DSL
- Ethernet in the First Mile
- Fast Ethernet
- Fibre Channel
- Gigabit Ethernet
- IPv4
- IPv6
- iSCSI
- WARP
- MPLS Services
- Power over Ethernet
- SAS
- SATA
- SHDSL
- Voice over IP
- Wireless LANs

UNH-IOLの参加企業は、広範囲にわたる北米の一流機器ベンダーであり、エンジニアリングおよびラボの設備は豊富で、業界内で高い評価と影響力を得ています。UNH-IOLはネットワーク機器の効率を向上させるために1988年に設立されました。出資はすべて、ラボを利用して製品の適合性と相互運用性をテストするベンダーによるものです。

日本企業は、開発およびテストを行う独自のラボの延長としてUNH-IOLを利用し、装置が市場に出回る前に問題を特定して修正することができます。日本企業がUNH-IOLへ技術者を派遣する必要はありません。

UNH-IOLでのテストにより、高品質かつ相互運用が可能な製品、またクライアントの顧客に対するサードパーティの確実な検証という結果が得られます。

ホーム

- » UNH-IOLについて
- » テスト対象の技術
- » テストレポート例
- » テストサービス

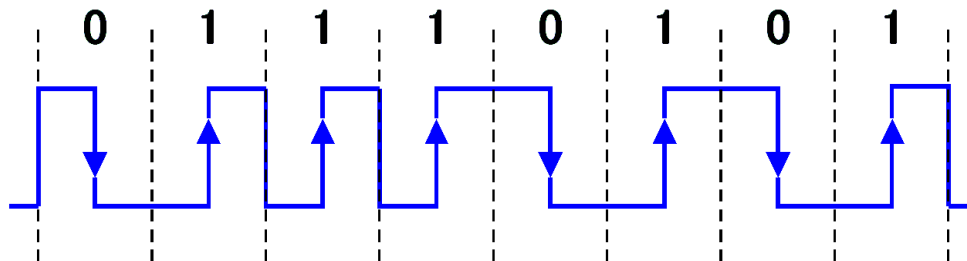
Testing Programs

- » 10BASE-T Ethernet
- » IEEE 1588
- » 10 Gigabit Ethernet
- » 40/100 Gigabit Ethernet
- » Automotive Ethernet
- » AVnu Testing Service
- » Backplane Ethernet
- » Bridge Functions
- » Cable Testing
- » Data Center Bridging
- » Digital Living Consortium
- » DSL
- » Fast Ethernet
- » Fibre Channel
- » GPON
- » Gigabit Ethernet
- » Home Networking
- » IPv6
- » iSCSI
- » MIPI
- » NVMe
- » OpenFabrics
- » Power over Ethernet
- » Routing
- » SAS
- » SATA
- » TR-069
- » Voice over IP
- » Wireless LAN

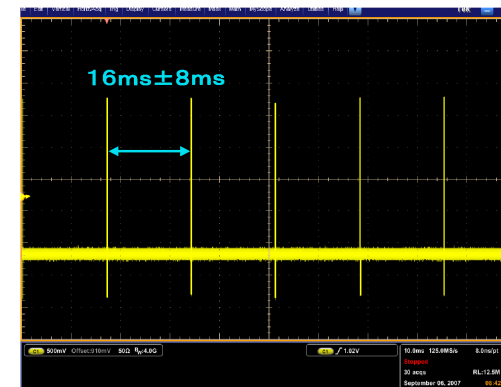
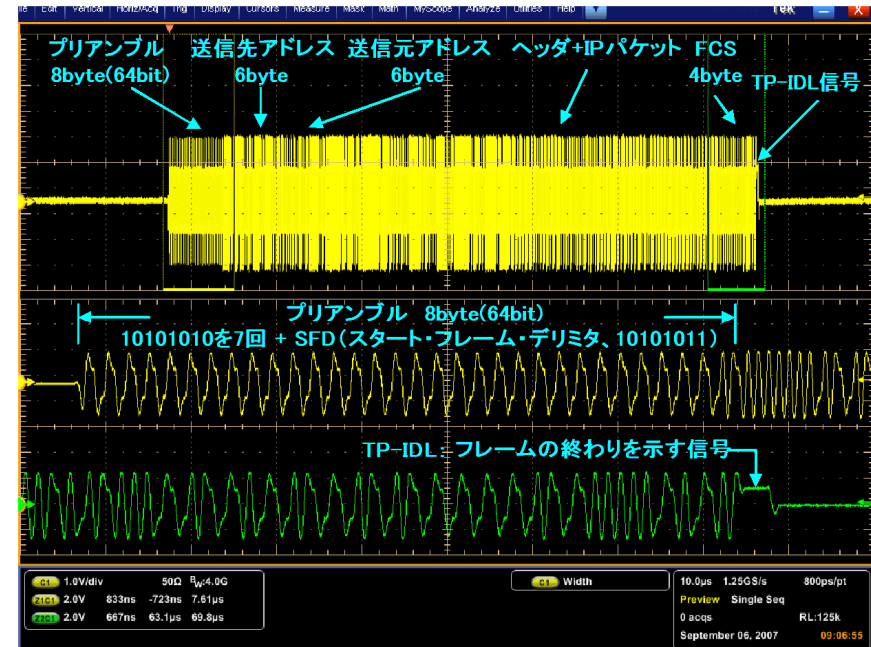
<https://www.iol.unh.edu/international/japanese/about.php>

10BASE-Tの物理層

- マンチェスタ符号
 - デジタル・ビット毎にクロックが変化
 - 0と1ではクロック反転
- バースト信号出力
 - フレーム送出時に信号出力
 - サイズは64~1518byte
 - フレーム間は無信号
- フレーム先頭にプリアンプルを出力
- リンクパルス
 - 装置間が接続されているか確認
 - NLP(ノーマル・リンク・パルス)
 - 伝送速度の自動選択
 - FLP(ファスト・リンク・パルス)

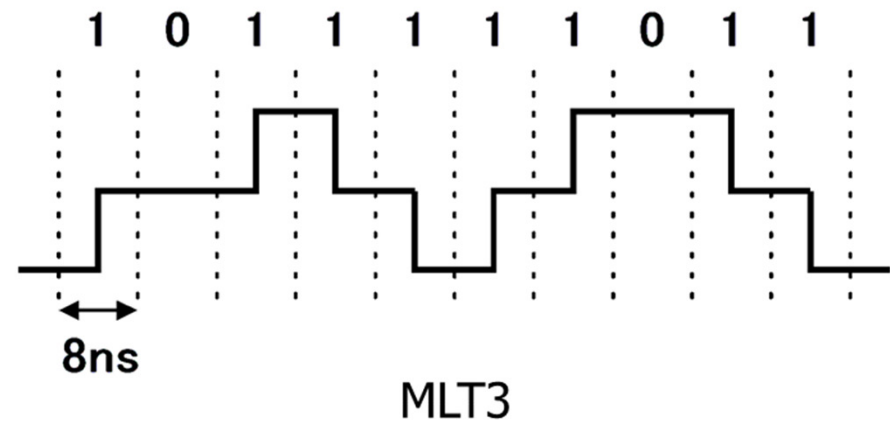
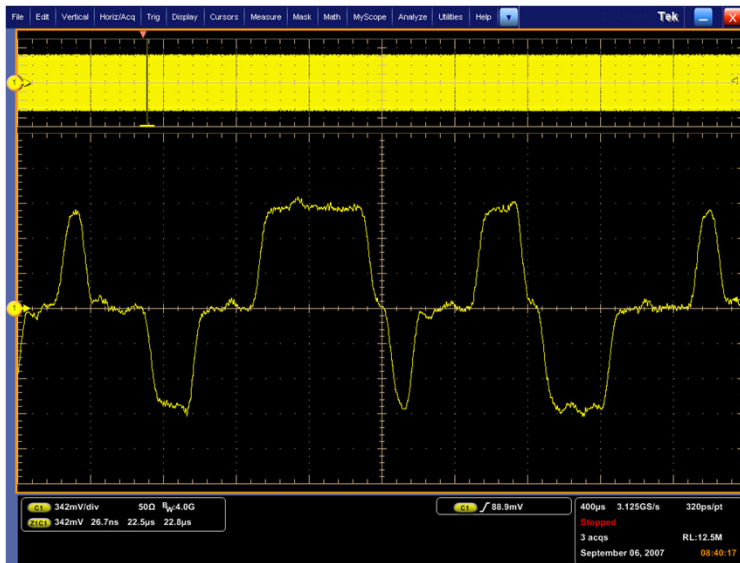


マンチェスタ符号



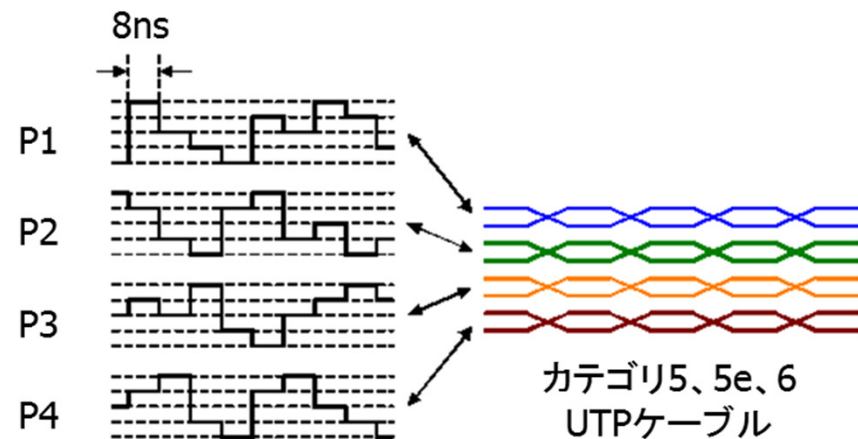
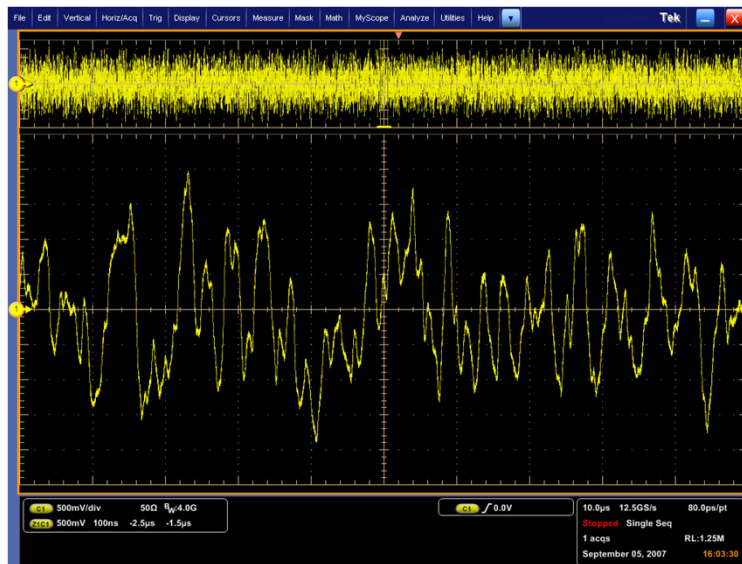
100BASE-TXの物理層

- カテゴリ5のUTPケーブルで100Mbpsを実現
 - MLT3 (Multi Level Transmission-3)
 - 電圧は、 $-V \rightarrow 0V \rightarrow +V \rightarrow 0V \rightarrow -V$ の順に変化
 - 伝送ビットが1なら電圧が変化、0なら変化しない
 - 4B5Bコーディング
 - スランブラ
- フレーム間にアイドル信号を挿入
 - 連続信号方式 ($\Leftrightarrow$ バースト信号方式: 10Base-T)



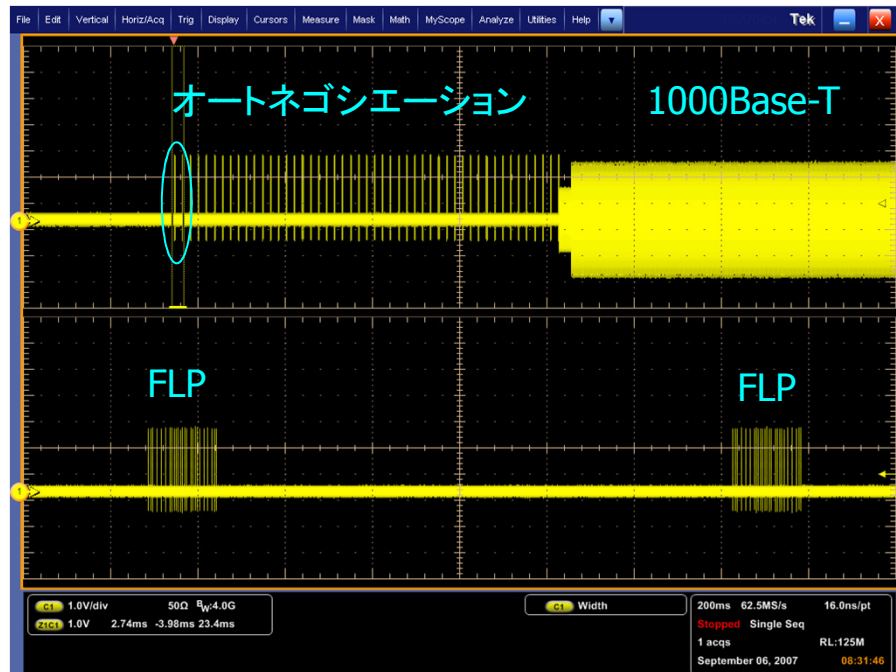
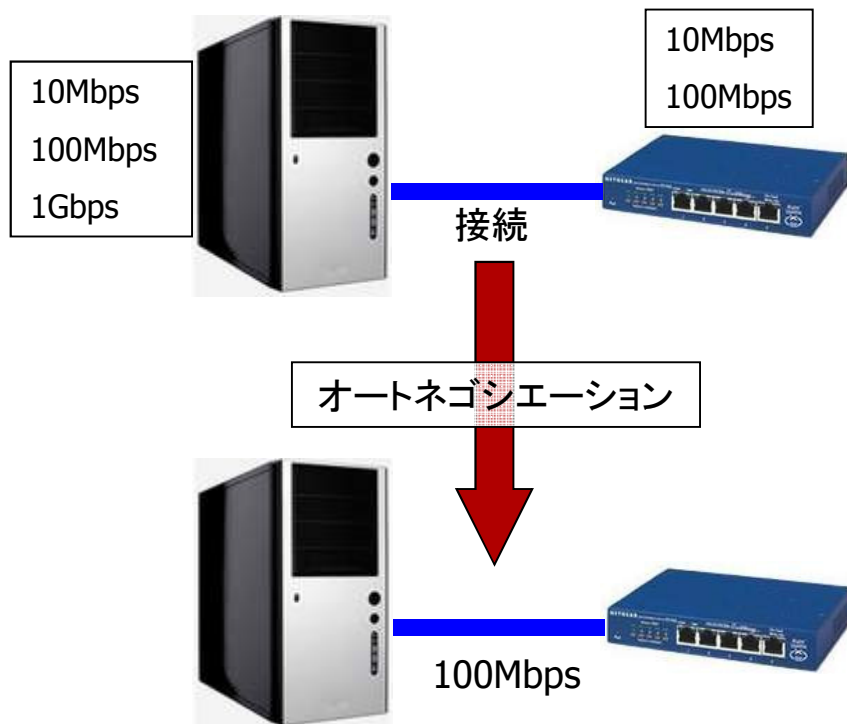
1000BASE-Tの物理層

- カテゴリ5のUTPケーブルで1Gbpsを実現
 - 8B/1Q4符号
 - 8bitの2値(Binary)信号を5値(Quinary)信号4組に変換
 - PAM5 (Pulse Amplitude Modulation、5値)
 - 4組のツイストペアを双方向で同時連続通信
 - 8ns毎に信号が変位
- マスター／スレーブ・タイミング
 - スレーブ側の装置のクロックはマスターに同期



オートネゴシエーション

- 速度が最高になる条件を装置間で自動的に設定
 - 10BASE-TのFLPを使用

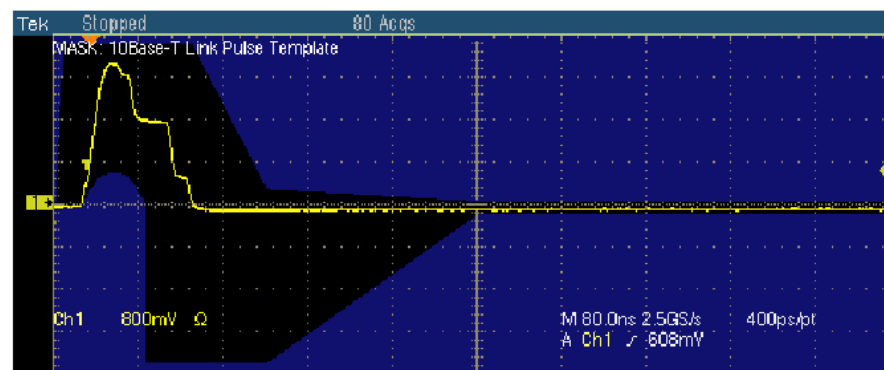
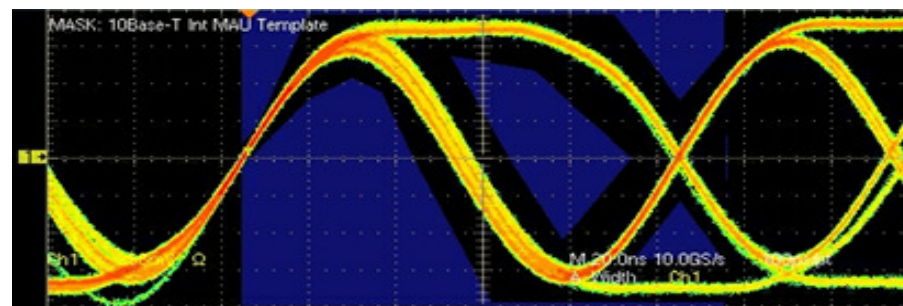


Ethernet物理層の評価



10BASE-T テスト内容

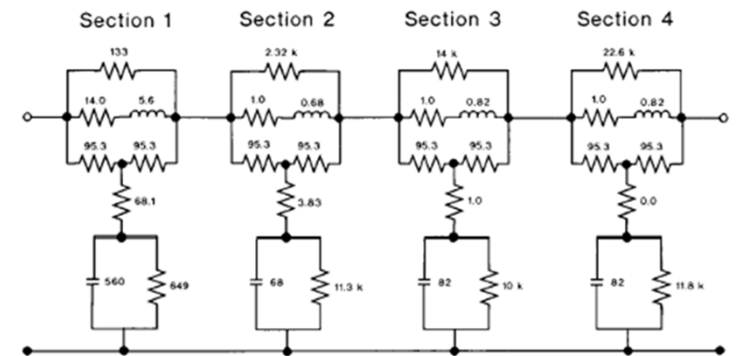
- Template
 - MAU
 - TP_IDL
 - Link Pulse
- Differential Voltage
- Harmonic
- Jitter
 - Normal
 - 8bit
 - 8.5bit
- Common Mode Voltage
- Return Loss



10BASE-Tの物理層の信号品質評価

- テスト信号を用意する必要有
 - ランダムパターン
 - ALL 0 または 1
 - リンク・パルス
- TPM (Twist Pair Model) 適用
- 負荷を適用

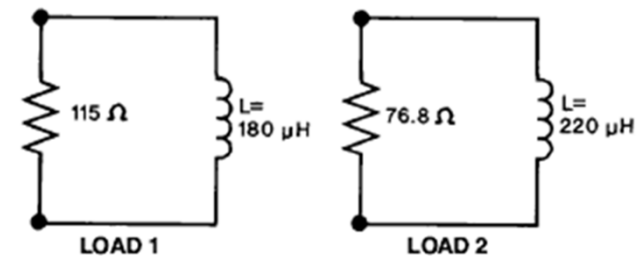
The insertion loss of the twisted-pair model when measured with a 100 Ω source and 100 Ω load shall be between 9.70 dB and 10.45 dB at 10 MHz, and between 6.50 dB and 7.05 dB at 5 MHz.



NOTE: Care must be taken that layout and parasitics do not exceed R, C, and L tolerance values.

Resistances are in Ω
Capacitances are in pF
Inductances are in μH

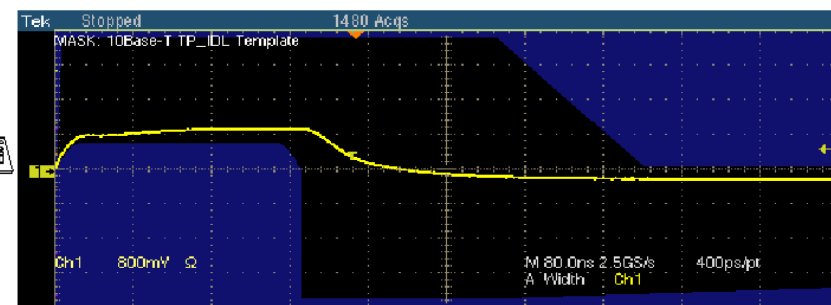
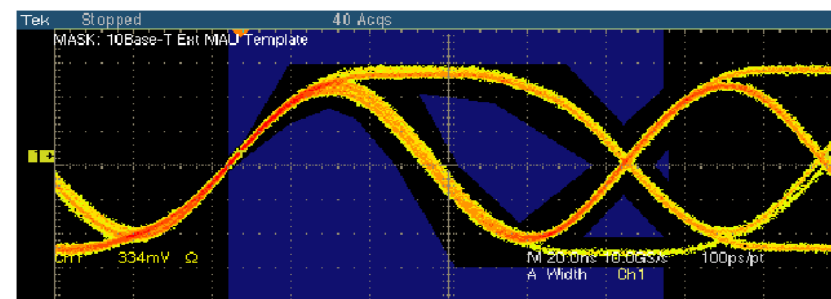
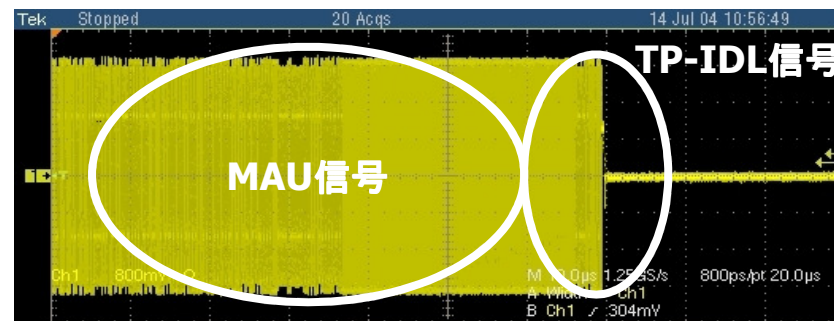
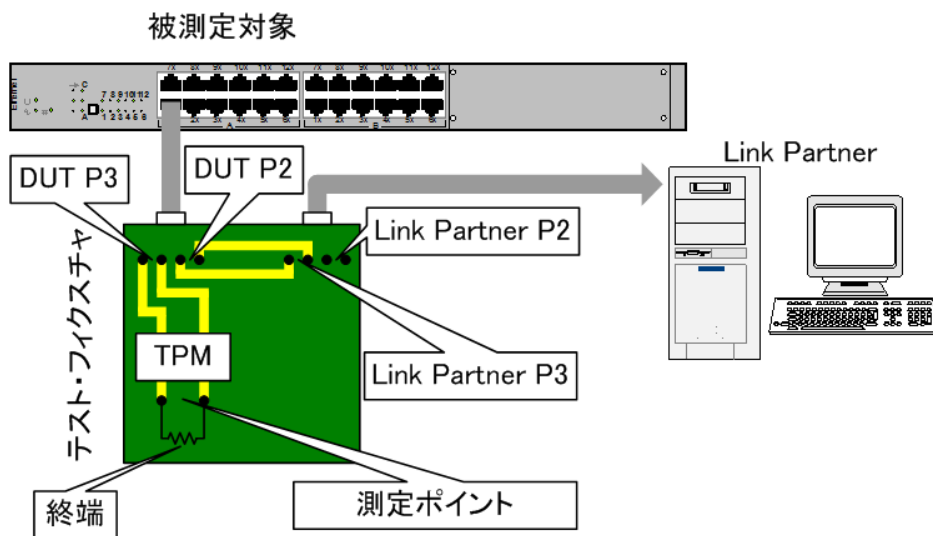
Figure 14-7—Twisted-pair model



引用: IEEE Std 802.3-2002 14.3 MAU electrical specifications

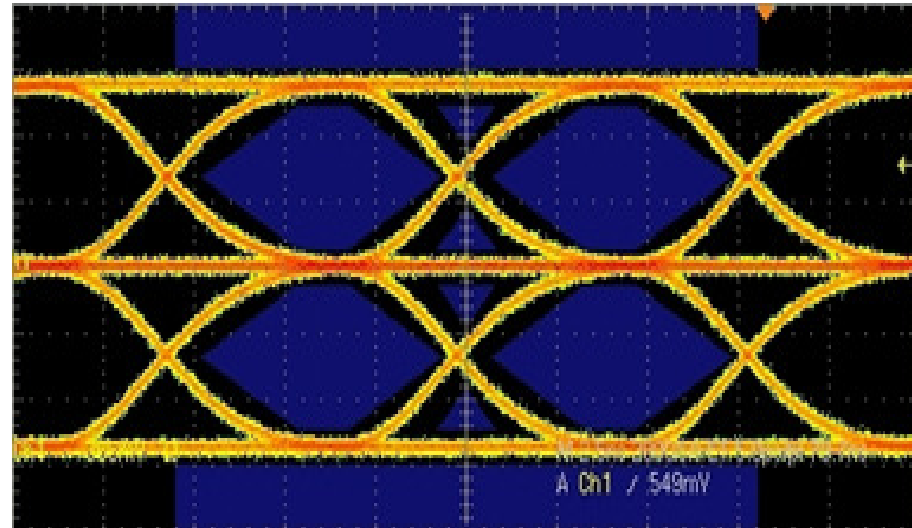
10BASE-T テンプレート・テスト

- MAU
 - TPM, LOAD3(100Ω)
- リンク・パルス
 - TPM有／無,LOAD1～3
- TP-IDL
 - TPM有／無,LOAD1～3



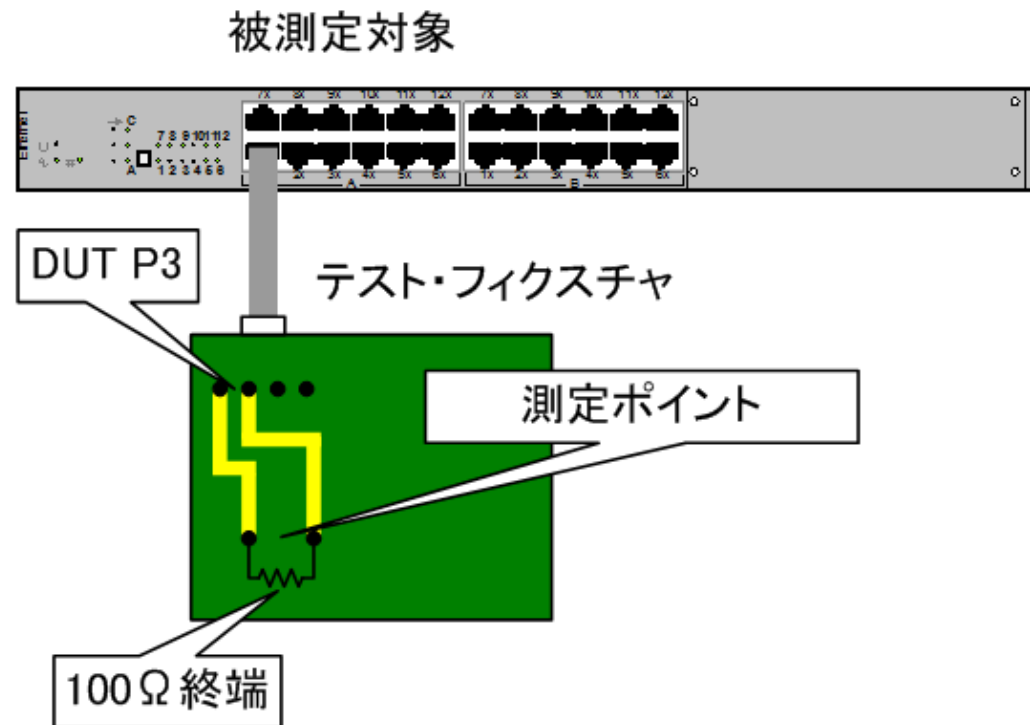
100BASE-TX テスト内容

- Template
- Output Voltage
- Amplitude Symmetry
- Overshoot
- Rise/Fall Time
- Rise/Fall Time Symmetry
- Jitter
- Duty Cycle Distortion
- Return Loss



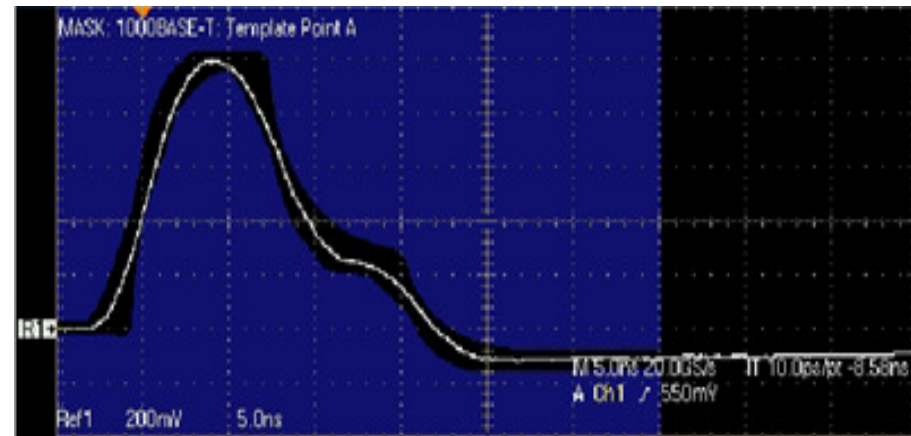
100BASE-TXの物理層の信号品質評価

- アイドル信号を利用
 - オート・ネゴシエーションの場合はリンク・パートナーを使用
- 100Ω終端



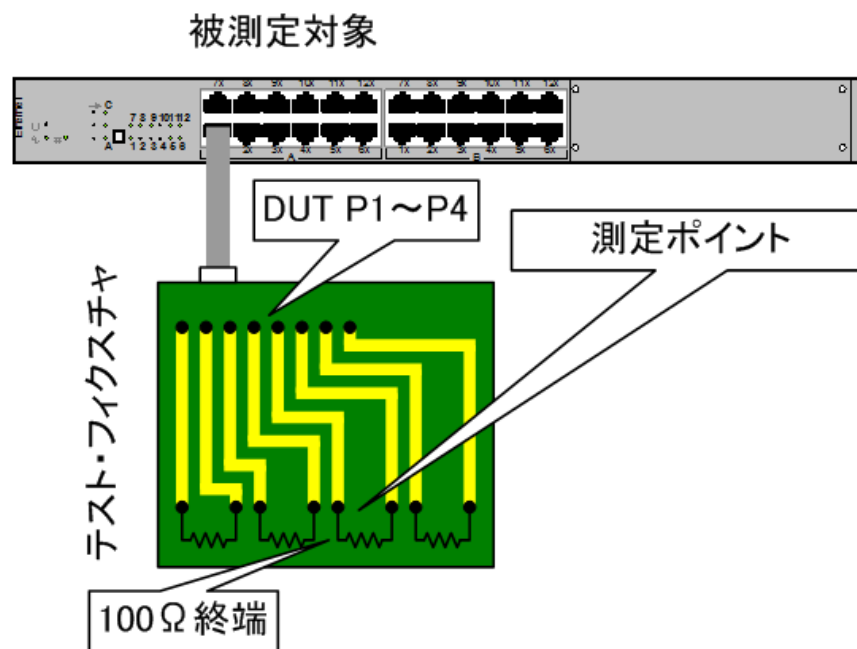
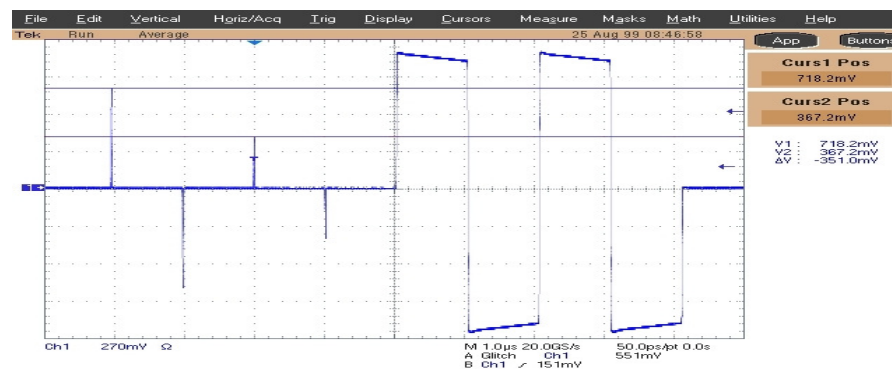
1000BASE-T テスト内容

- Template
- Peak Voltage
- Droop
- Jitter
- Distortion
- Common Mode Voltage
- Return Loss



1000BASE-Tの物理層の信号品質評価

- テストモード
 - Test Modeに設定する必要有
 - Test Mode 1～4
- 100Ω終端
- 4ペアすべて測定



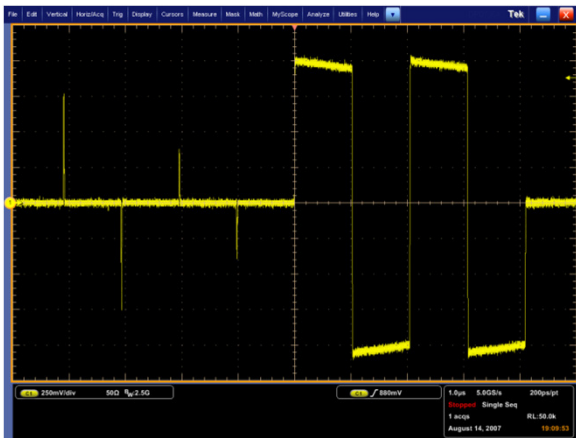
100

- 4種類のテスト・モードを規定
 - PHYのレジスタを設定

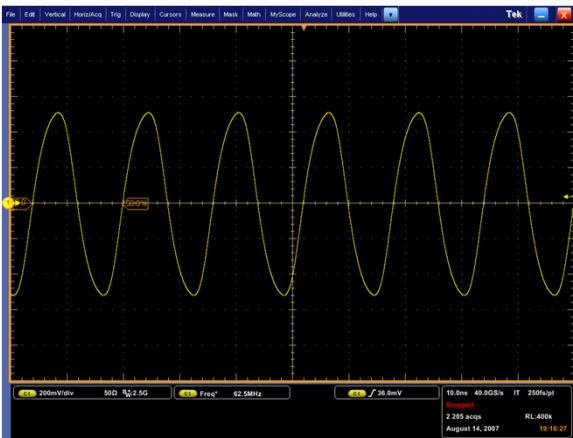
Table 40-7—GMII management register settings for test modes

Bit 1 (9.15)	Bit 2 (9.14)	Bit 3 (9.13)	Mode
0	0	0	Normal operation
0	0	1	Test mode 1—Transmit waveform test
0	1	0	Test mode 2—Transmit jitter test in MASTER mode
0	1	1	Test mode 3—Transmit jitter test in SLAVE mode
1	0	0	Test mode 4—Transmitter distortion test
1	0	1	Reserved, operations not identified.
1	1	0	Reserved, operations not identified.
1	1	1	Reserved, operations not identified.

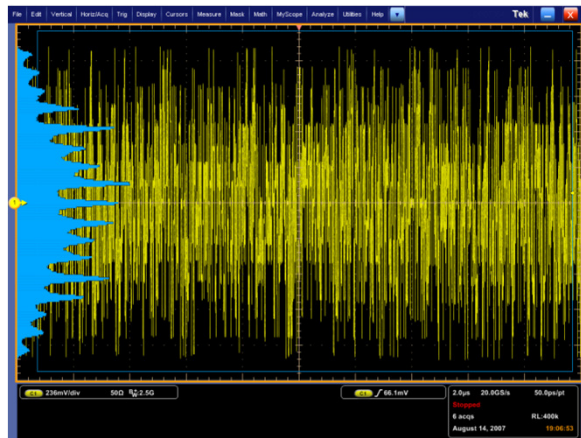
引用: IEEE Std 802.3-2005 40.6.1.1.2 Test modes



テスト・モード1



テスト・モード2、3



テスト・モード⁴

Tektronixのソリューションのご紹介



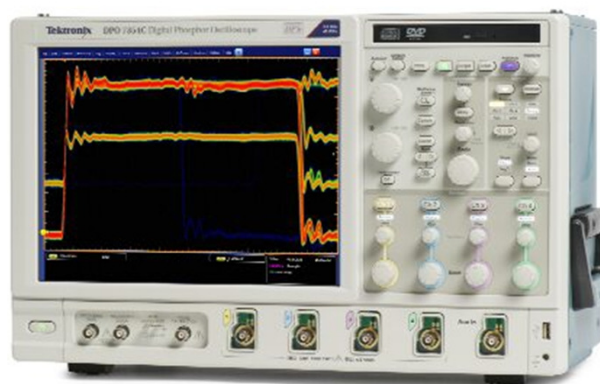
Ethernetの評価に最適なオシロスコープ DPO/MSO5000シリーズ

	DPO5204型 MSO5204型	DPO5104型 MSO5104型	DPO5054型 MSO5054型	DPO5034型 MSO5034型
周波数帯域	2GHz	1GHz	500MHz	350MHz
最高リアルタイム サンプルレート	10GS/s(1/2使用時) 5GS/s(3/4ch使用時)		5GS/s	
レコード長(標準)	25M(1/2ch使用時) 12.5M(3/4ch使用時)		12.5M	
レコード長 (最大オプション)	250M(1/2ch使用時) 125M(3/4ch使用時)		125M	



Ethernetの評価に最適なオシロスコープ DPO7000Cシリーズ

	DPO7354C型	DPO7254C型	DPO7104C型	DPO7054C型
周波数帯域	3.5GHz	2.5GHz	1GHz	500MHz
最高リアルタイム サンプルレート	40GS/s(1ch使用時) 20GS/s(2ch使用時) 10GS/s(3/4ch時)		20GS/s(1ch使用時) 10GS/s(2ch使用時) 5GS/s(3/4ch時)	
レコード長(標準)	50M(1ch使用時) 25M(2ch時) 12.5M(3/4ch時)			
レコード長 (最大オプション)	500M(1ch使用時) 250M(2ch時) 125M(3/4ch時)		200M(1ch使用時) 100M(2ch時) 50M(3/4ch時)	



※USB2.0 High Speedの信号を観測するには2GHz以上の周波数帯域が必要

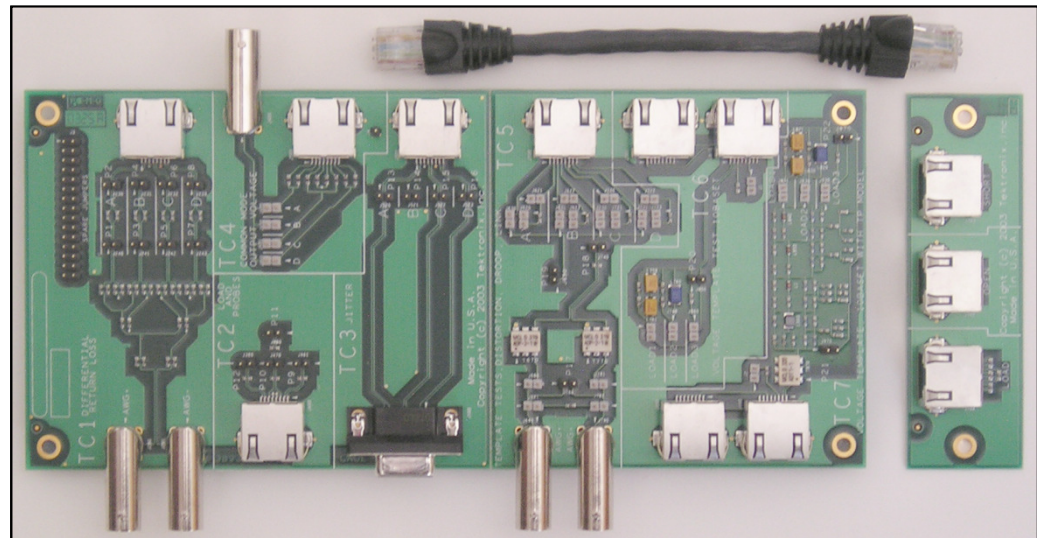
Ethernetの評価に最適なプローブ

- P6248型 / TDP1500型 差動プローブ
 - 周波数帯域: 1.5GHz
 - 高いCMRR: 60dB@1MHz、30dB@1GHz
 - 差動電圧信号を直接オシロスコープで観測
- P6245型 / TAP1500型 FETプローブ
 - 周波数帯域: 1.5GHz
 - 低容量: 1pF以下



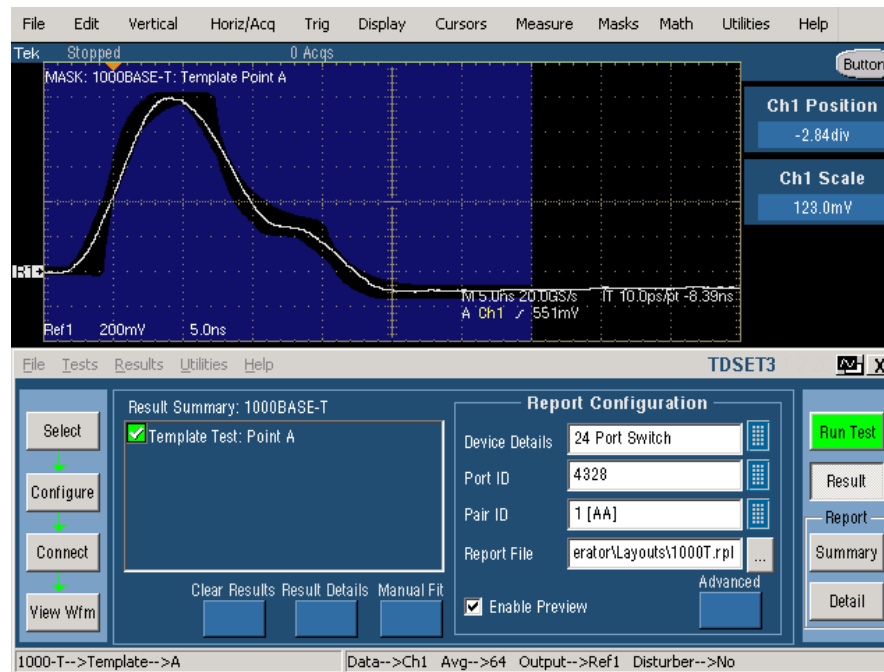
Ethernetテストフィクスチャ

- 信号のプロービング
- 10BASE-T、100BASE-TX、1000BASE-Tに対応
- リターン・ロス測定
- 1000BASE-Tのディスタービング・シグナルに対応
- TMP



TDSET3イーサネット・コンプライアンス・テスト・ソフトウェア

- コンプライアンス・テストの自動化
 - DPO7000C、DPO/DSA/MSO70000C及びMSO/DPO5000シリーズに対応
 - ボタン一つで自動測定
- UNH-IOLのテストに完全準拠





まとめ

- コンプライアンス・テスト
 - UNH-IOLのサービス
 - 規格に準拠していることの証明
- 物理層の評価
 - テスト用の信号を用意
 - ランダム、ALL 0 or 1 (10BASE-T)
 - テストモード (1000BASE-T)
 - テスト・フィクスチャを使用



本テキストの無断複製・転載を禁じます。テクトロニクス/ケースレーインストルメンツ
Copyright © Tektronix, Keithley Instruments. All rights reserved.

www.tektronix.com/ja
www.keithley.jp/



Twitter [@tektronix_jp](https://twitter.com/tektronix_jp)



Facebook <http://www.facebook.com/tektronix.jp>

