

産業用イーサネット PHYの特長と T1L製品の概要

石井安則

シニア・フィールド・アプリケーション・エンジニア

SYNC
MOTORID
#4348
2.26.20 @ 16:56

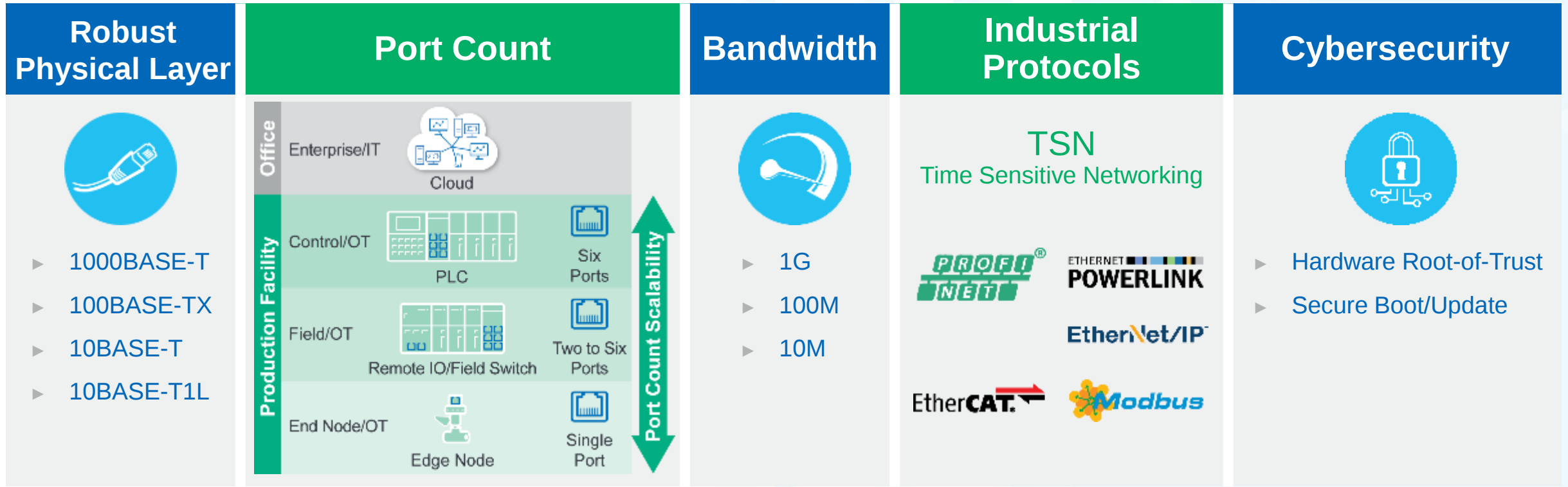
SYNC
MOTORID
#524F
2.26.20 @ 16:56

SYNC
MOTORID
#4E4F
2.26.20 @ 16:56

SYNC
MOTORID
#5553
2.26.20 @ 16:56

ADI Enabling Seamless, Secure Edge-to-Cloud Connectivity

Scalable, Secure Deterministic Ethernet Solutions



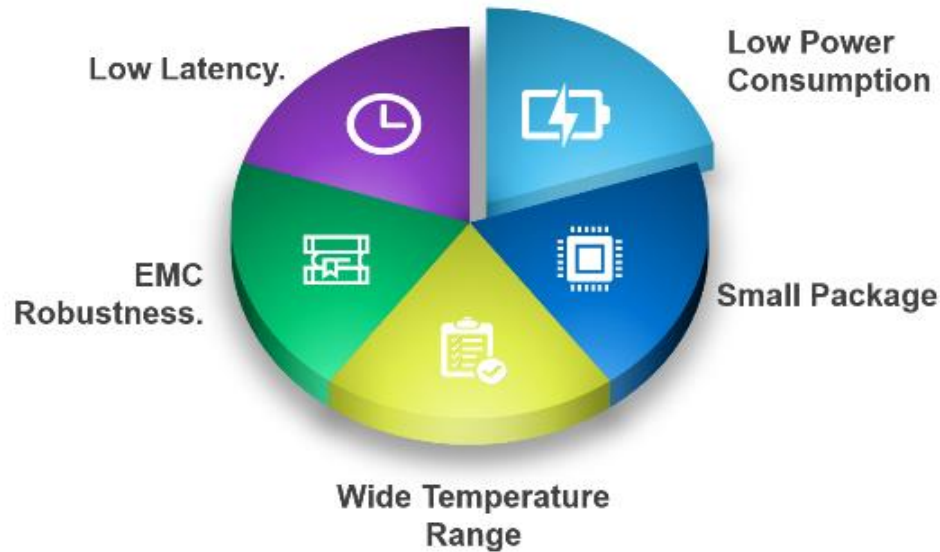
Accelerating Real World Industrial Ethernet Networks

目次

1. 産業用イーサネットPHY(物理層)製品の特長
2. 10BASE-T1L とは
3. 10BASE-T1L 製品の概要
4. 10BASE-T1L PHY ADIN1100 デモ

1.産業用イーサネット PHY (物理層)製品の特長

ADIN1300/ADIN1200: 低消費電力, 低遅延, 安定した 産業イーサネット PHY



▶ **ADIN1300 10/100/1000 Gigabit PHY**

- 広い温度範囲: -40°C to $+105^{\circ}\text{C}$
- 安定した EMI/EMC/ESD 性能
- 小型 footprint: 6 mm × 6 mm 40-lead LFCSP
- 低消費電力: 330 mW
- 低遅延: 290 ns (RGMII 送受信)

▶ **ADIN1200 10/100 Fast Ethernet PHY**

- 広い温度範囲: -40°C to $+105^{\circ}\text{C}$
- 安定した EMI/EMC/ESD 性能
- 小型 footprint: 5 mm × 5 mm 32-lead LFCSP
- 低消費電力: 139 mW
- 低遅延: 300 ns (MII 送受信)

広範囲の EMC/安定性テスト結果

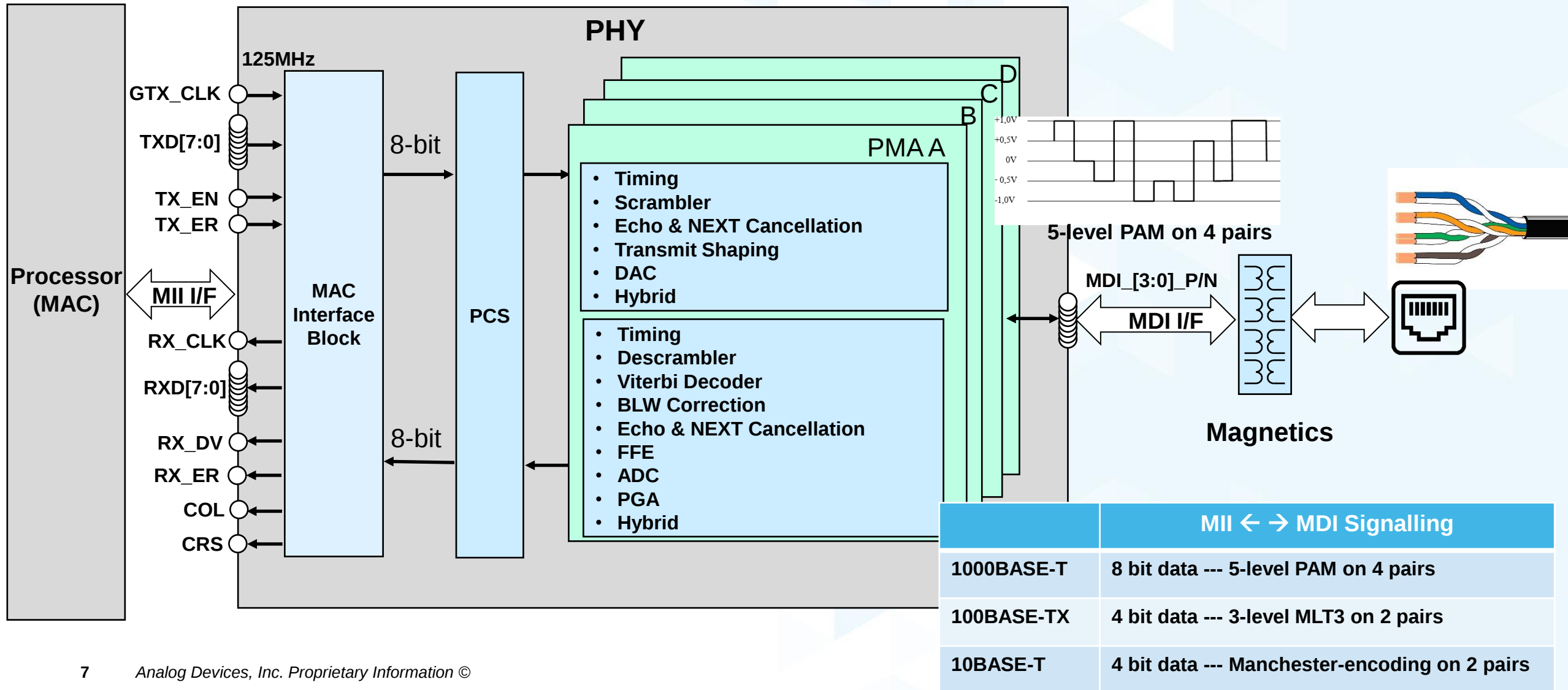
- ▶ IEC 61000-4-5 サージ (± 4 kV)
- ▶ IEC 61000-4-4 高速過渡雑音 (EFT) (± 4 kV)
- ▶ IEC 61000-4-2 ESD (± 6 kV コンタクト放電)
- ▶ IEC 61000-4-6 導電雑音耐性 (10 V)
- ▶ EN 55032 放射性放出 (クラス A)
- ▶ EN 55032 伝導放出 (クラス A)



ADIN1300: Cat-6 STP 安定性テスト結果

テスト/規格 方法	規格の要求値	評価の結果
CISPR 32 放射線放出 (3 mで)	30 MHz to 230 MHz: QP: 50 dBμV/m 230 MHz to 1 GHz: QP: 57 dBμV/m 1 GHz to 3 GHz: PK: 76 dBμV/m, AVE: 56 dBμV/m 3 GHz to 6 GHz: PK: 80 dBμV/m, AVE: 60 dBμV/m	6 dB以上のマージンを持ちClass A リミットに入る
CISPR 32 伝導放出	0.15 MHz to 0.5 MHz: QP: 53 dBμA ~ 43 dBμA, AVE: 40 dBμA ~ 30 dBμA 0.5 MHz to 30 MHz: QP: 53 dBμA ~ 43 dBμA AVE: 30 dBμA	10 dB以上のマージンを持ちClass A リミットに入る
IEC 61000-4-2 ESD	±4 kV コンタクト Class B 区分	±6 kV Class B 区分 RJ45 シールド
IEC 61000-4-5 サージ	±1 kV line to earth, I/O signal/control, Class B 区分	±4 kV Class A 区分
IEC 61000-4-4 EFT	±1 kV I/O signal/control, Class B 区分	±4 kV Class B 区分
IEC 61000-4-6 導電雑音耐性	3 V 150 kHz to 80 MHz, Class A 区分	10 V Class A ; AM と CW モードともに
IEC 61000-4-3 放射線雑音耐性	10 V/m at 3 m, 80 MHz ~ 1 GHz, Class A区分 3 V/m at 3 m, 1.4 GHz ~ 2 GHz 1 V/m at 3 m, 2 GHz ~ 2.7 GHz 1 V/m at 3 m, 2.7 GHz ~ 6 GHz	1 GHz 以上でClass A区分 80 MHz ~ 1 GHzで3 V/m Class A CW と AM 妨害モードをテスト

GMII 1000Mbps PHYの信号処理



産業アプリケーション用に強化された PHY 機能

- ▶ 10us未満でリンクロスを検出する高性能リンクロス検出
 - リアルタイム産業イーサネット・プロトコルからの要求 (例, EtherCAT)
- ▶ IEEE 1588 タイムスタンプ用パケットスタートの検出
 - ネットワーク間で正確なタイミングが要求される
- ▶ MDIピンの高性能 ESD 保護
 - RJ45 コネクタでのESD 強化
- ▶ オンチップ電源供給モニタリング
 - パワーオン時のシステムレベルの安定性の向上
- ▶ 豊富なケーブル診断機能
 - ケーブル長測定や TDR など現場でケーブル障害診断が可能



Application Note – PHY Selection Guide

Requirements to Ethernet PHYs used for EtherCAT and EtherCAT G
Ethernet PHY Examples

BECKHOFF New Automation Technology

EtherCAT G

3.2.2 Example Ethernet PHYs for EtherCAT G

Table 6: Example Ethernet PHYs assumed to fulfill EtherCAT G requirements

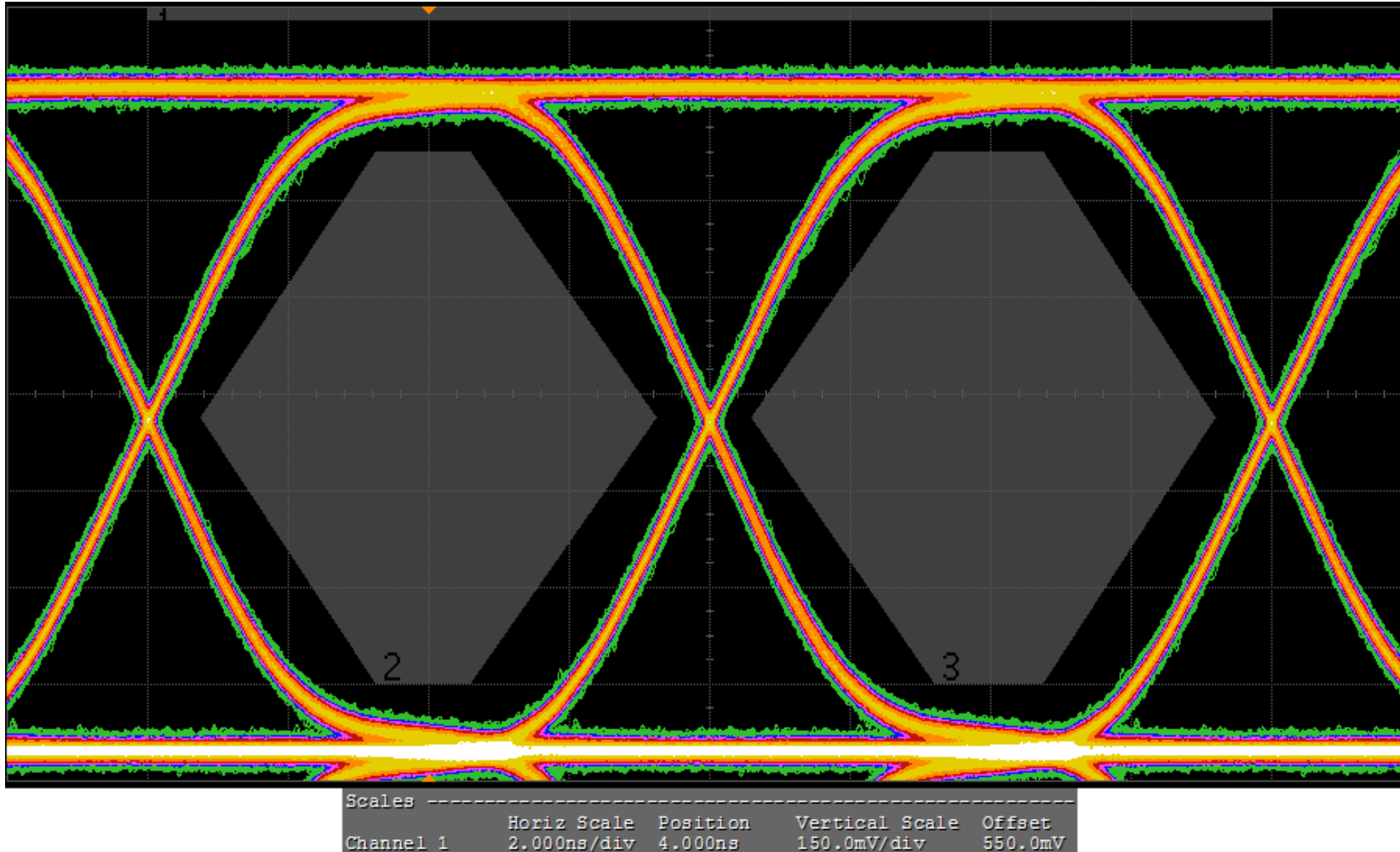
Vendor / Device	# Ports	Basic HW test ¹⁷	PHY addr. ¹⁸	Comments
Analog Devices				
ADIN1300	1	yes	0-15	
Broadcom				
BCM50212	1	yes	0,1,24,25	
Marvell				
88E1111	1	yes	0-31	

2.3.3 Example Ethernet PHYs

Table 4: Example Ethernet PHYs assumed to fulfill EtherCAT requirements

Vendor / Device	ET1200 suitable	ET1100 suitable	IP Core suitable	# Ports	Basic HW test ⁶	TX_CLK fixed phase ⁷	PHY addr. ⁸	PHY addr. offset ⁹	Link loss reaction time	Enhanced Link Detection	Auto-TX-Shift (IP Core only)	Comments
Analog Devices												
ADIN1200	-	X	X	1	yes	yes (Data sheet)	0-15	0	0.6 µs	recommended ¹¹		
Broadcom												
BCM5221	X	X	X	1		yes (Data sheet ¹⁰)	0-31	0	1.3 µs	recommended ¹¹		Requires additional write clock on MDC (supported by ET1100-0003, ET1200-0003, IP Core since v2.3.1/2.03b). Quartz oscillator required. Internal pull-down at MDC.
BCM5222	X ¹²	X	X	2		yes (Data sheet)	0-31	0	1.3 µs	recommended ¹¹		Requires additional write clock on MDC (supported by ET1100-0003, ET1200-0003, IP Core since v2.3.1/2.03b). Quartz oscillator required. Internal pull-down at MDC.
BCM5241	X	X	X	1	yes	yes (Data sheet)	0-7, 8, 16, 24	0	45 µs	required		Requires additional write clock on MDC (supported by ET1100-0003, ET1200-0003, IP Core since v2.3.1/2.03b). Quartz oscillator required. Internal pull-up at MDC. XTALI voltage ≤ 1.8V.
Cortina Systems												
LXT973	(X ^{13,12})	(X ¹³)	X	2	yes	Measurement ¹³	0-31	0	1.9 ms	required	provisionally ¹³	
Davicom Semiconductor												
DM9161B			X	1			0-31	0		provisionally	provisionally	

Compliance test : 100 Base-TX, AOI Template



Unmanaged PHY operation

▶ ハードウェア設定ピンにて、ソフトウェア操作無しで、対向機に最適な自動 Link Up を行う。

- PHY アドレス [PHYAD_4:0] / [PHYAD_3:0] – ADIN1300 & ADIN1200
- PHY スピード & リセット後のソフトウェアパワーダウンモード
 - [PHY_CFG1 & PHY_CFG0] (Row No2 or Row No3)
- オート-MDIX
 - [MDIX_MODE] (Mode3 or Mode4)
- MAC インターフェース設定 [MACIF_SEL1 & MACIF_SEL0]

表 23. PHY の構成

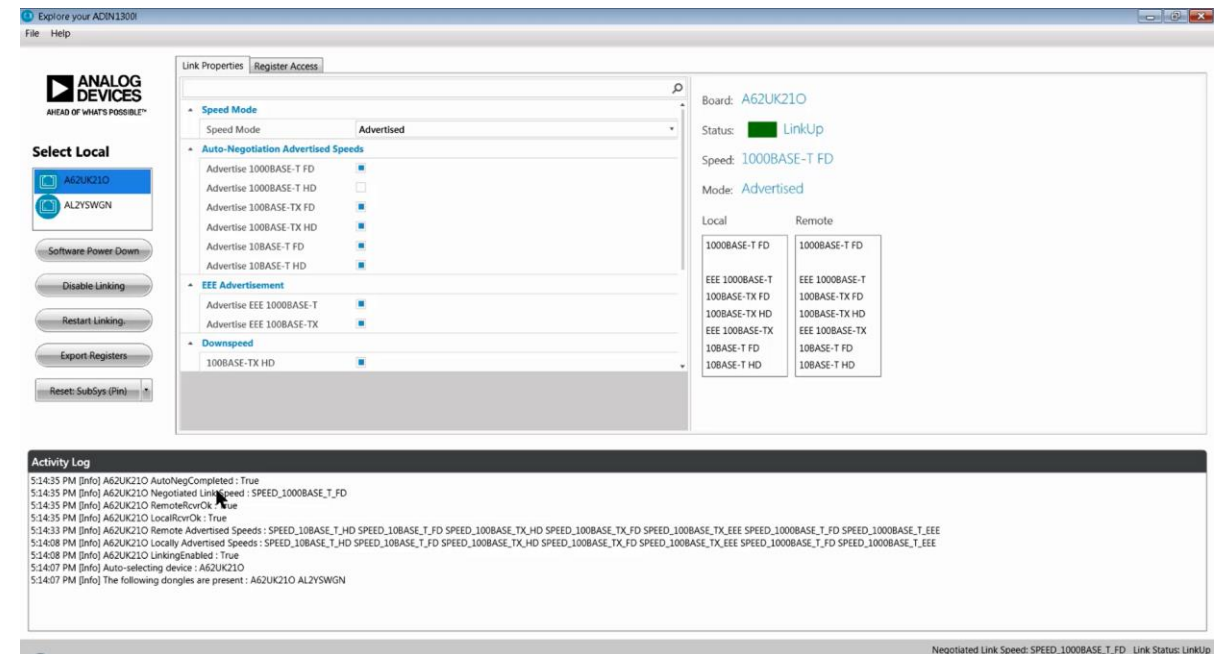
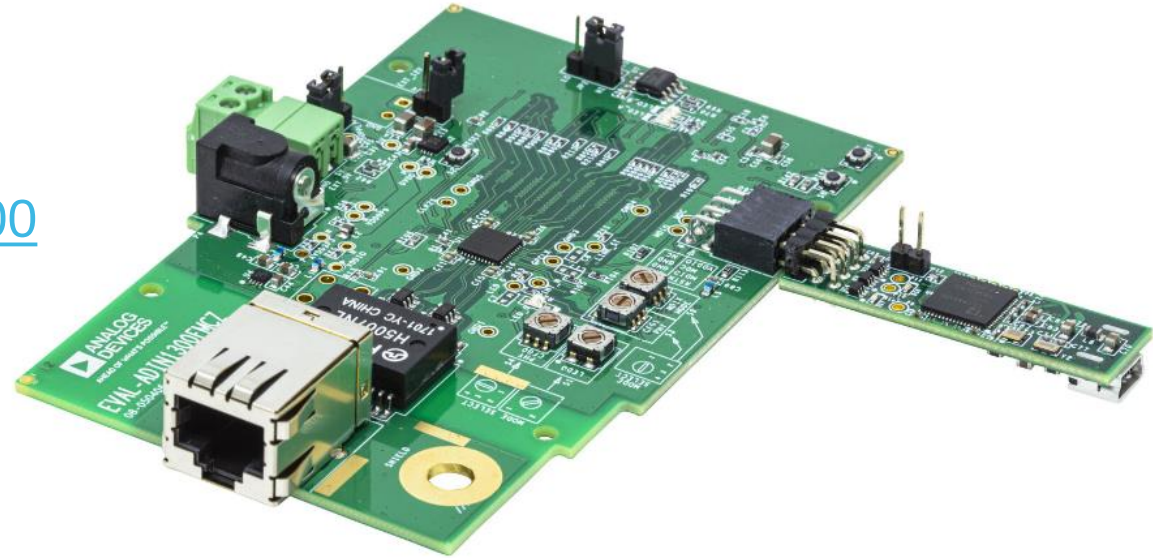
Forced/ Advertised	PHY Speed Configuration	Other Functions Enabled ¹	PHY_CFG1	PHY_CFG0	Row No.
Advertised Speeds (Autonegotiation Enabled)	10 half duplex (HD)/full duplex (FD), 100 HD/FD, and 1000 FD slave	Downspeed, EDPD, and EEE	MODE_4	MODE_4	1
	10 HD/FD, 100 HD/FD, and 1000 FD slave		MODE_1	MODE_4	2
	10 HD/FD, 100 HD/FD, and 1000 FD master		MODE_2	MODE_4	3
	10 HD/FD, 100 HD/FD, and 1000 FD slave	Software power-down mode after reset	MODE_3	MODE_4	4
	10 HD/FD and 100 HD/FD		MODE_4	MODE_2	5
	10 FD and 100 FD		MODE_4	MODE_3	6
	100 FD and 1000 FD slave		MODE_4	MODE_1	7
	100 FD and 1000 FD master		MODE_3	MODE_1	8
	100 FD		MODE_1	MODE_1	9
	1000 FD slave		MODE_2	MODE_1	10
	1000 FD master		MODE_3	MODE_2	11
Forced Speed (Autonegotiation Disabled)	10 FD		MODE_1	MODE_2	12
	100 HD		MODE_2	MODE_2	13
	100 FD		MODE_3	MODE_3	14

表 24. 自動 MDIX の構成

Configuration	MDIX_MODE
Manual MDI	MODE_1
Manual MDIX	MODE_2
Auto MDIX, Prefer MDIX	MODE_3
Auto MDIX, Prefer MDI	MODE_4

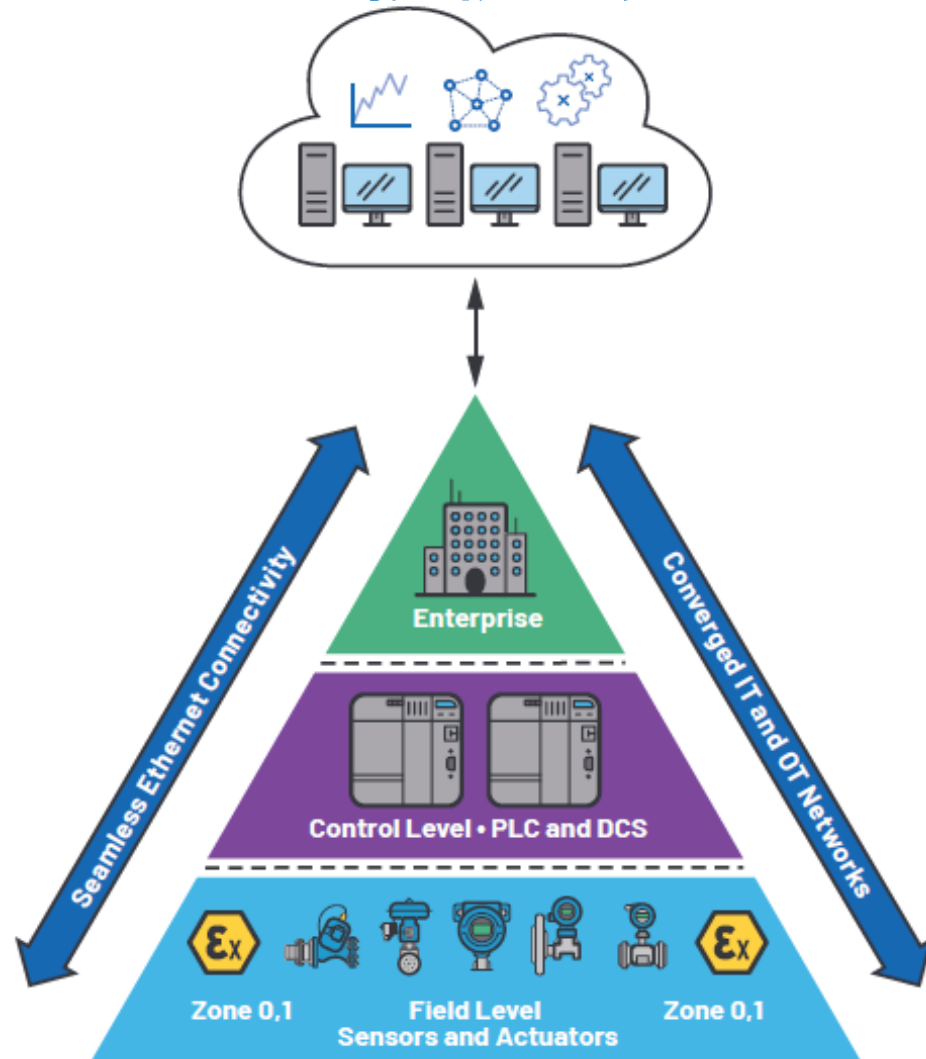
ADIN1300: 設計資料

- ▶ データシート: www.analog.com/ADIN1300
- ▶ 評価ボード: EVAL-ADIN1300FMCZ
- ▶ Software GUI
 - analog.com/media/en/evaluation-boards-kits/evaluation-software/ADI_EthernetPHY
- ▶ Linux® ドライバ:
 - wiki.analog.com/resources/tools-software/linux-drivers/net-phy/adin
- ▶ EngineerZone®: ez.analog.com/industrial-ethernet/physical-layer-devices
- ▶ ビデオ: [ADIN1300/ADIN1200 Robust Industrial Ethernet PHYs by Analog Devices](#)

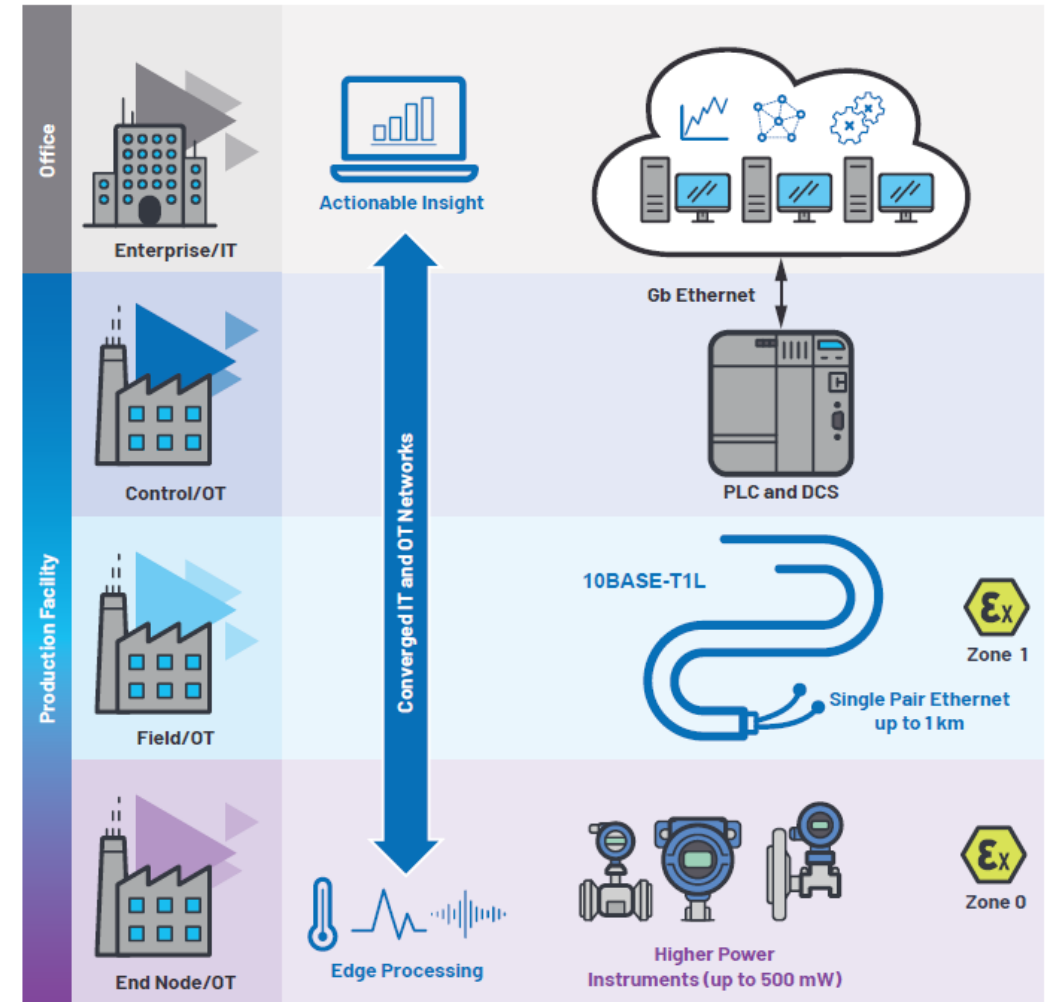


2.10BASE-T1Lとは

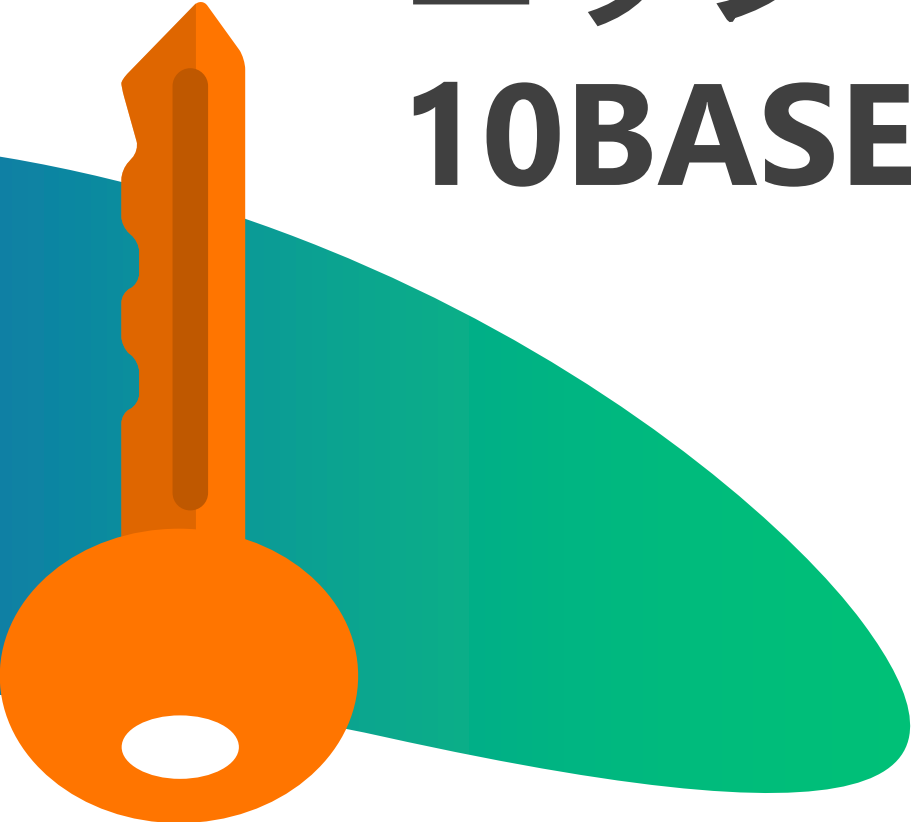
10BASE-T1Lイーサネットにより、エッジデバイスへのシームレスな接続を実現



プロセス・コントロール・ネットワーク



エッジへの接続のキーは 10BASE-T1L

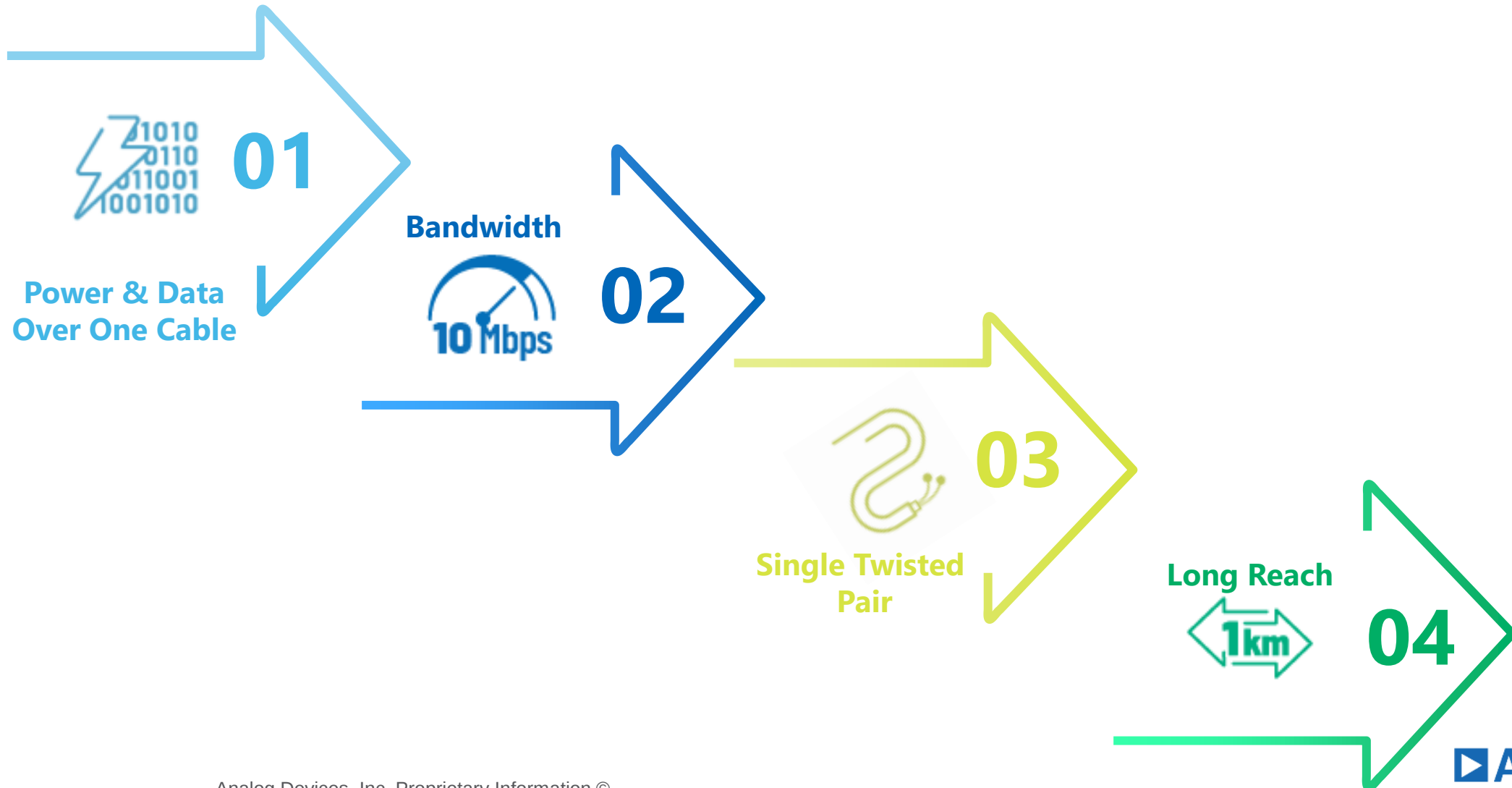


Long Reach

-  シームレスな接続性 - エッジからクラウドまで、ゲートウェイ・トランスレーションを必要としないイーサネット・パケットを提供
-  エッジノードのIPアドレス化により、いつでもどこでもプロセスや建物のパラメータを集中的にリアルタイムで制御・管理することが可能。
-  低コストのシステム - ネットワークの複雑性を軽減し、複数の異なる接続ソリューションに関連するサポートコストと負担を取り除きます。

10BASE-T1Lとは?

イーサネット物理層, IEEE 802.3cg™-2019 規格

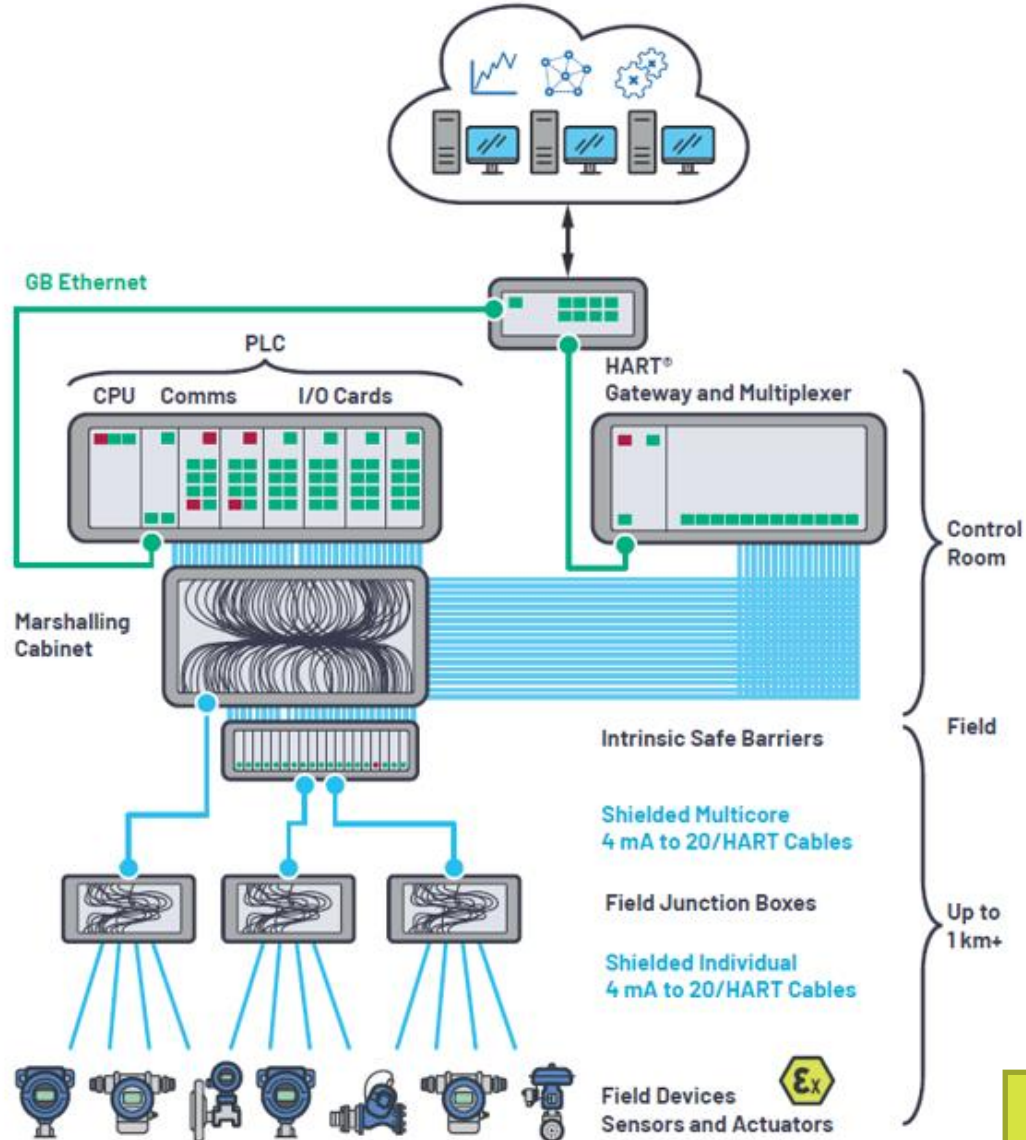


IEEE802.3cg / 10BASE-T1L PHY 標準化が完了

PHY 主要機能	10/100/1000	10BASE-T1L	利点
ケーブル	 2 又は 4 ペア Ethernet	 単一ペア Ethernet	現行のフィールドバスの現行ケーブルを使用 できる可能性有り
距離	100m	1kmまで	フィールドデバイス接続
スピード	10Mb, 100Mb, Gb	10Mb	4-20mA と Fieldbus からのスピードアップ
コネクタ	RJ45	2ピンのコネクタ	小型2ピンコネクタ
防爆対応 	非対応	対応	Zone 0, Div. 1に使用可能
電源供給	PoE	PoDL	SPEでの電源とデータ伝送

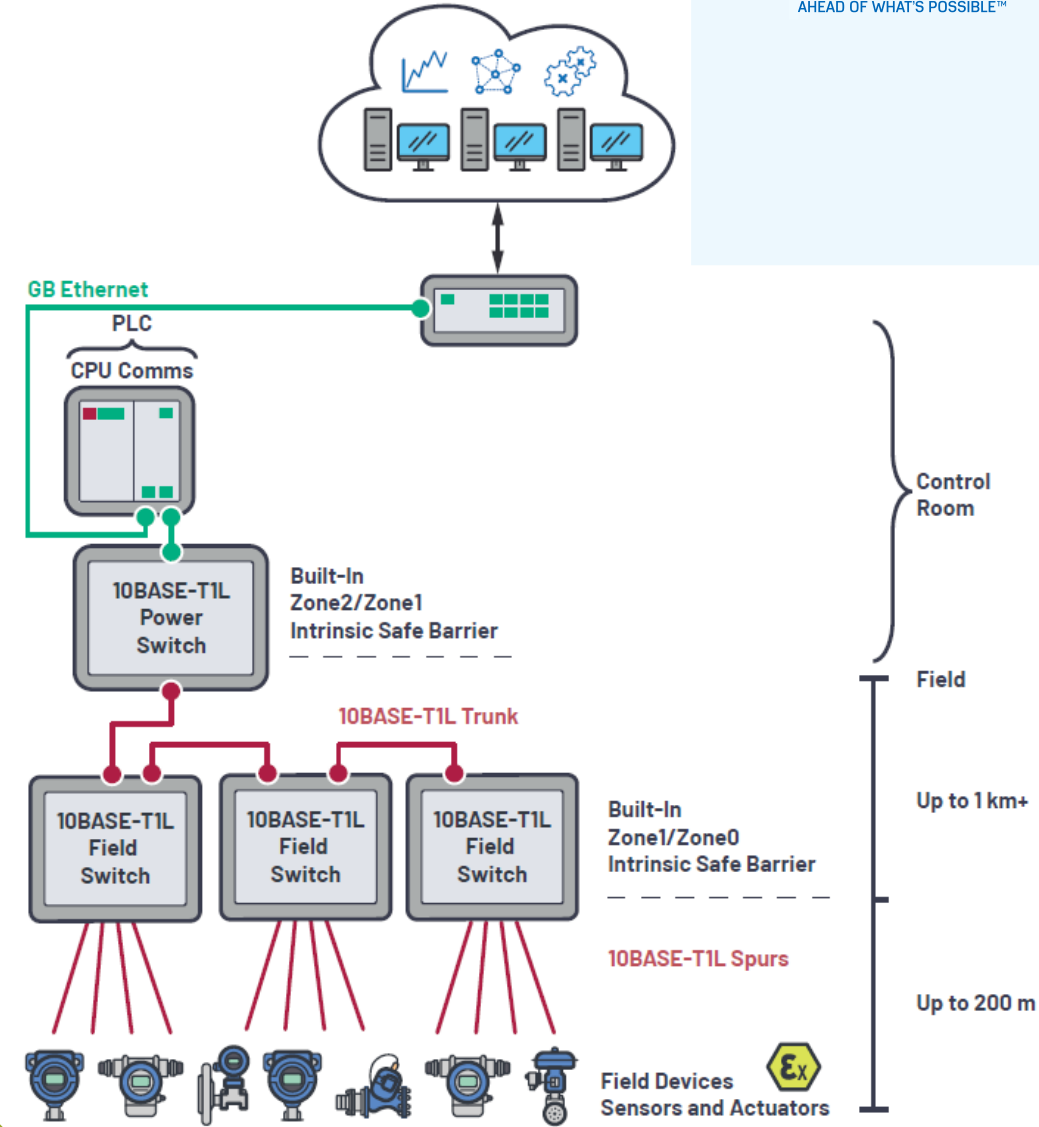


プロセスオートメーションでの10BASE-T1Lへの移行



4-20mA/HART

移行



APL / 10BASE-T1L

3.10BASE-T1L製品の概要

ADIN1100 10BASE-T1L PHY

Available Now! 量産リリース: 2021年8月

機能

- ▶ **10BASE-T1L IEEE® Std 802.3cg™ - 2019 準拠**
 - 1.0 V p-p と 2.4 V p-p 伝送モード
- ▶ 安全防爆アプリケーションをサポート
- ▶ オートネゴシエーションで1700m までのケーブル長に対応
- ▶ **超低消費電力**
 - 1V p-p 両電源 – **39 mW**
 - 2.4V p-p 複数電源 – **75 mW**
 - データシートにすべての電源オプションを規定
- ▶ 小型パッケージ 40-lead LFCSP
- ▶ 産業向け動作保証温度範囲 -40°C to 105°C

超低消費電力 10BASE-T1L PHY



www.analog.com/ADIN1100

ADIN1110 10BASE-T1L MAC PHY

Available Now! 量産リリース: 2021年9月

機能

- ▶ **10BASE-T1L IEEE Std 802.3cg™ - 2019準拠**
 - 1.0 V p-p と 2.4 V p-p 伝送モード
 - Master/slave
 - オートネゴシエーション
- ▶ 安全防爆アプリケーションをサポート
- ▶ SPI インターフェースの MAC を内蔵
- ▶ IEEE 1588 タイムスタンプをサポート
- ▶ **オートネゴシエーションで1700m** までのケーブル長に対応
- ▶ **超低消費電力**
 - 1 V p-p 両電源 — **42 mW**
 - 2.4 V p-p 複数電源 — **78 mW**
 - データシートにすべての電源オプションを規定
- ▶ 小型パッケージ 40-lead LFCSP
- ▶ 産業向け動作保証温度範囲 -40°C to +105°C

Ultra Low Power **10BASE-T1L MAC PHY**

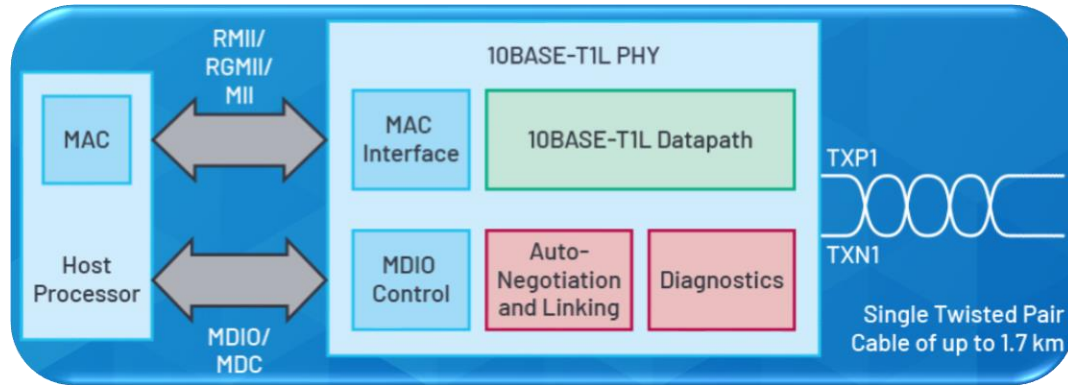


www.analog.com/ADIN1110

システム設計の最適化 – パフォーマンスと消費電力

ADIN1100 – PHY

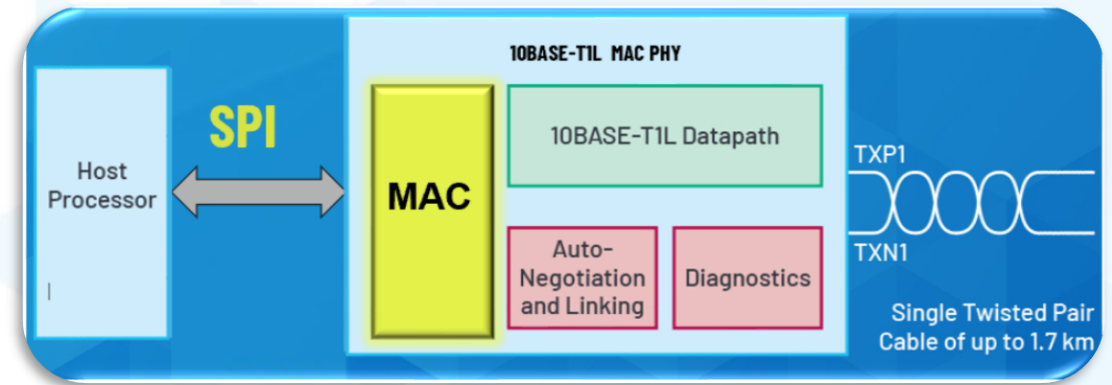
最小限の電力でプロセッサの柔軟性を確保



- 最高の性能を誇るソリューション
- MAC インターフェース・ドライバ (MII, RMII, RGMII)
- より高性能なプロセッサへのスケールアップ
- イーサネット・スイッチやFPGAをサポート

ADIN1110 – MAC PHY

最高のアプリケーション・パフォーマンス



- 最小のシステム電力
- 広いプロセッサの選択肢
- 現行ソリューションのアーキテクチャーとソフトを再利用
- IEEE1588 時間同期
- 高度なパケットフィルタリング

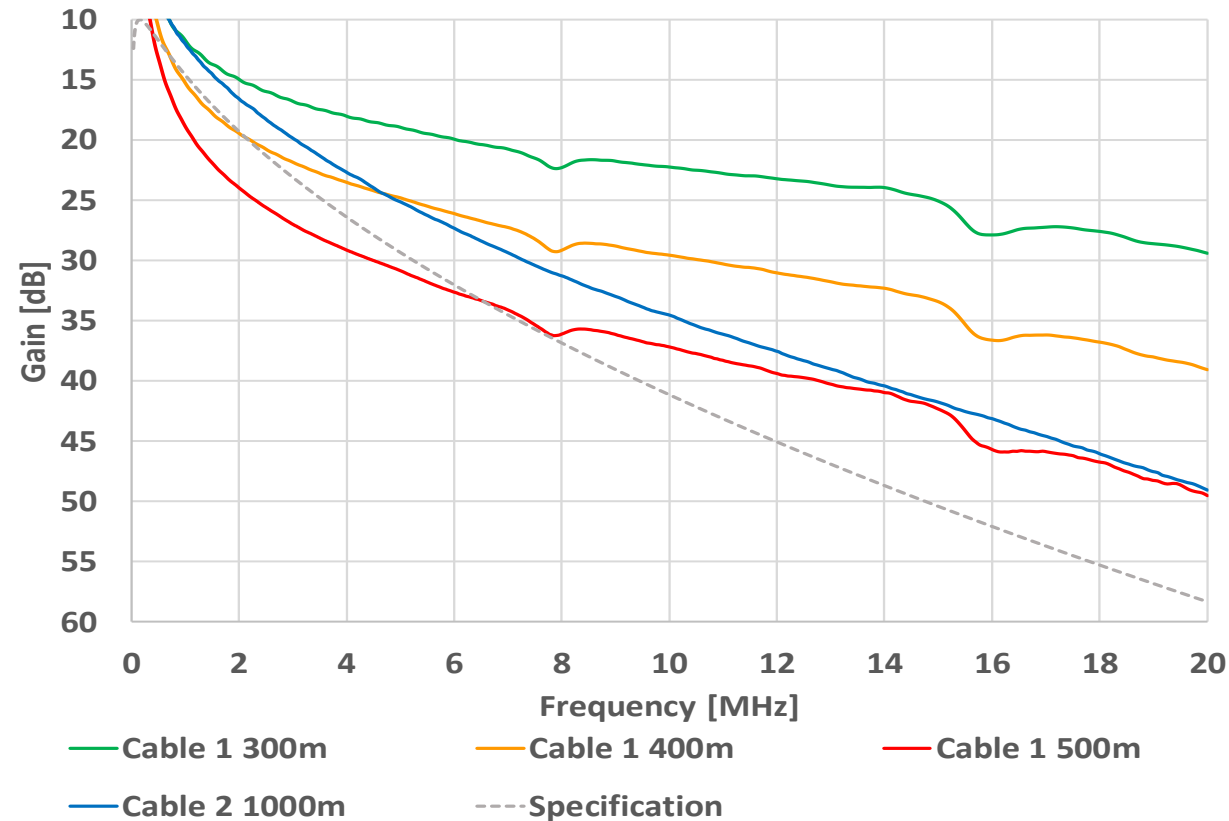


10BASE-T1Lのケーブル

- ▶ IEEE Std 802.3cg™ - 2021
- ▶ 標準ケーブルは無い
 - ”PHYは、**最大10個のインラインコネクタ**を備えたリンクセグメントでの動作をサポートしており、1本の平衡ペア導体を使用して、少なくとも1000メートルまでの距離をカバーしている。”
- ▶ リンク・セグメントとしての定義
 - 2.4Vと1Vの振幅モードで異なる
 - インサクション・ロス
 - リターン・ロス
 - 最大リンク・ディレイ
 - 差動-コモンモード変換
 - ... 100Ω 終端/特性インピーダンス
 - ... その他

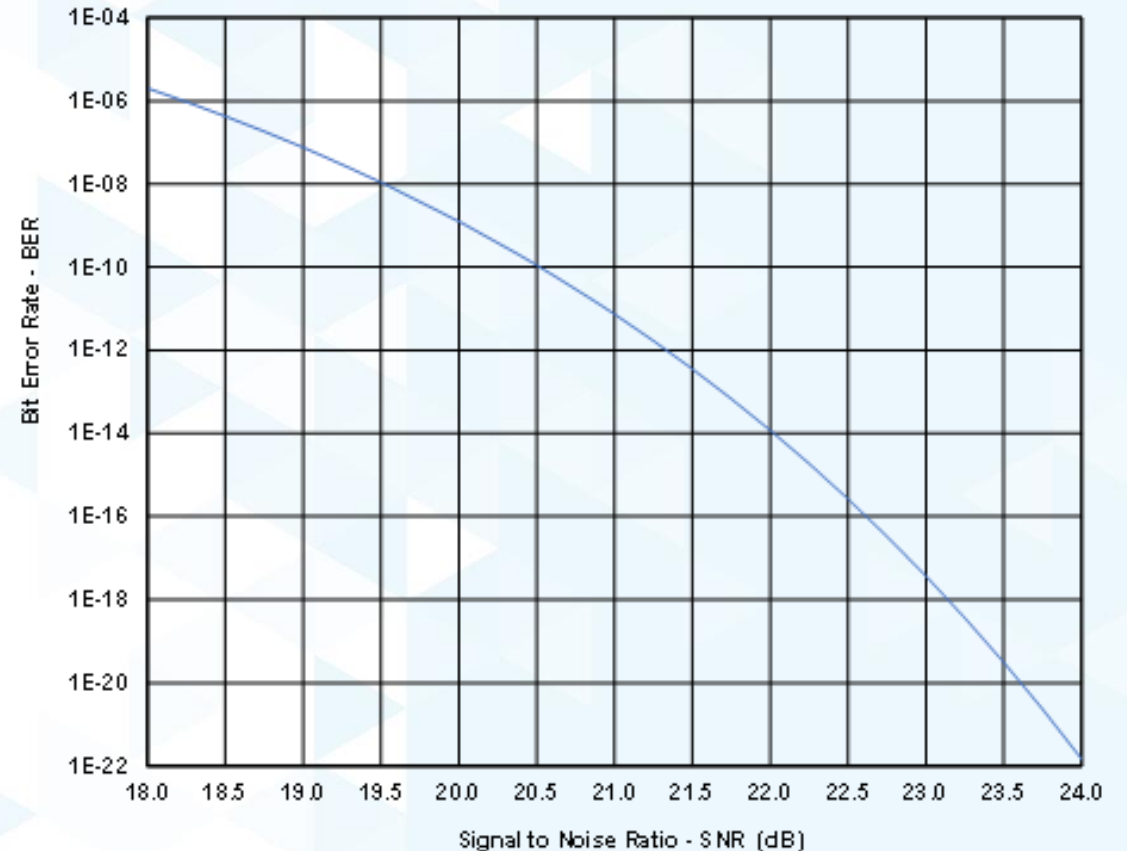


Cable Insertion Loss



システム診断のサポート機能

- ▶ リンク品質のモニタリング
 - Signal to Noise Ratio (SNR) 測定
 - Bit Error Rate (BER) 見積もり
 - システムライフタイムにおける有用な内部情報
 - 設計 / 製品テスト / 設置 / トレンド
- ▶ その他のサポート機能
 - ループバック
 - フレーム・ジェネレータ
 - フレーム・チェッカー



Link Quality	SNR (dB)	MSE Register Value Range (hex)	BER
Poor	< 19.5	> 0x0766	> 10^{-8}
Marginal	19.5 ... 20.5	0x05E1 ... 0x0766	10^{-8} ... 10^{-10}
Good	> 20.5	< 0x05E1	< 10^{-10}

ケーブル診断のサポート機能

Time Domain Reflectometry (TDR)

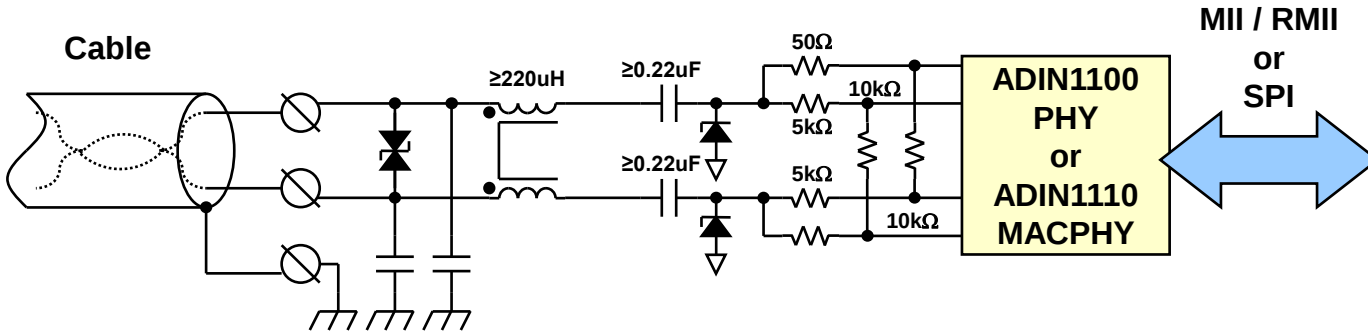
- 故障の検出
- オープン / ショート
- 故障箇所までの距離



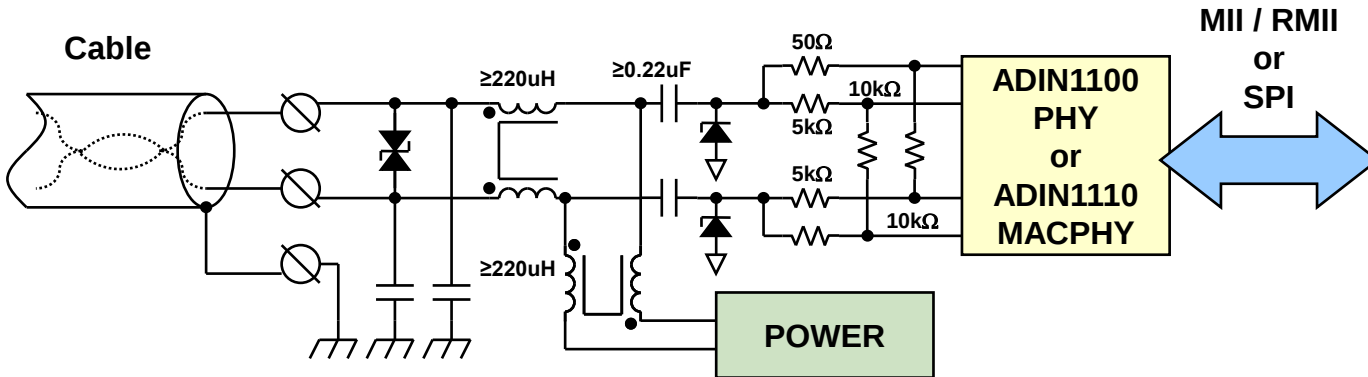
接続障害とその位置の検出

Cable Length (m)	Induced Fault	ADIN1100 TDR (m)	Error (%)	Induced Fault	ADIN1100 TDR (m)	Error (%)
100.0	Open	102.1	+2.0%	Short	102.1	+2.0%
49.9	Open	50.2	+0.7%	Short	50.2	+0.7%
231.7	Open	233.5	+0.8%	Short	233.5	+0.8%
400.1	Open	403.4	+0.8%	Short	403.4	+0.8%
800.9	Open	807.6	+0.8%	Short	806.8	+0.7%
1034.0	Open	1045.3	+1.0%	Short	1046.1	+1.1%
1434.1	Open	1462.9	+2.0%	Short	1466.3	+2.3%

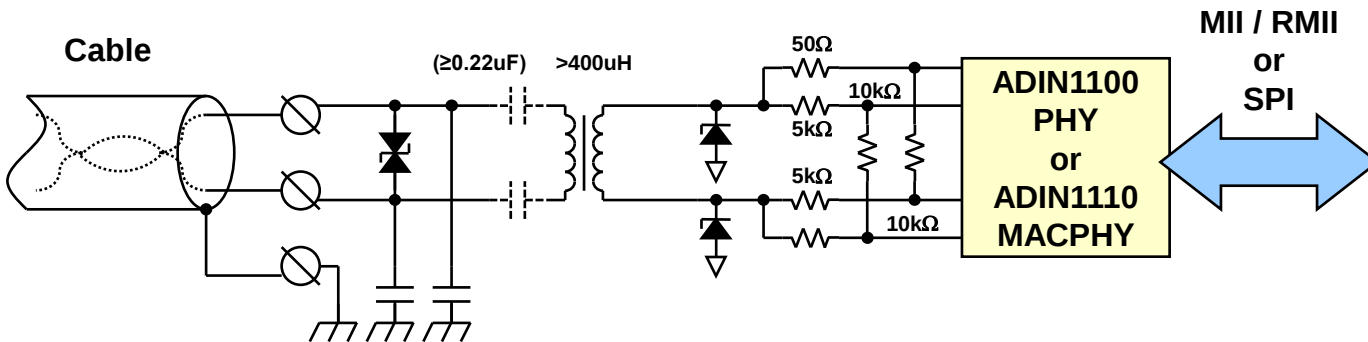
10BASE-T1Lケーブル・カップリング



- ▶ 10BASE-T1Lは、PHY / MACPHYに容量結合することができる。



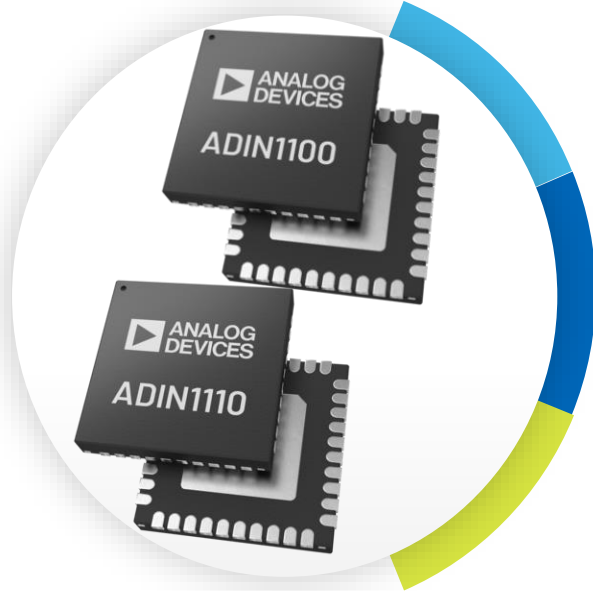
- ▶ インダクタを介して電力を結合できる
 - “PoDL/SPoE PSE” と “PoDL/SPoE PD”



- ▶ トランスの代替結合
 - ガルバニック・アイソレーションが可能
 - ノイズの影響が大きい非シールドケーブルの場合は、トランス接合が良いかもしれない。

柔軟なシステム設計を可能にする 10BASE-T1L ソリューション

Available Now!



システムの電力バジェットを最大化
超低消費電力：39mW（ADIN1100）または
43mW（MAC PHY ADIN1110使用時）



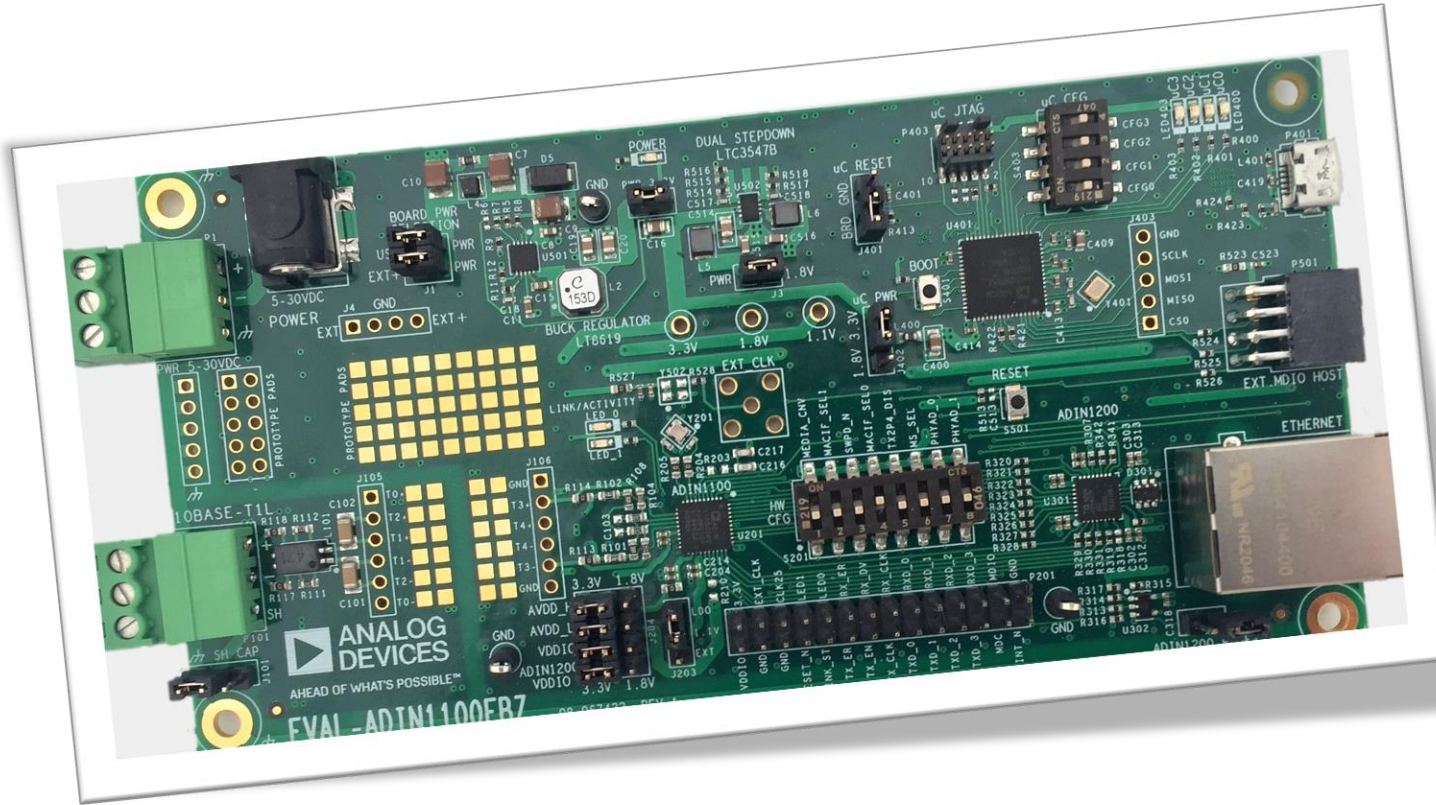
実績のあるソリューションを活用
10BASE-T1L IEEE® Std 802.3cg™に完全準拠
1.7km以上のケーブル長で自動ネゴシエーションが可能



設計およびデバッグ作業の軽減
MII、RMII、RGII、または直接SPIとの
インターフェイス

Evaluation Now

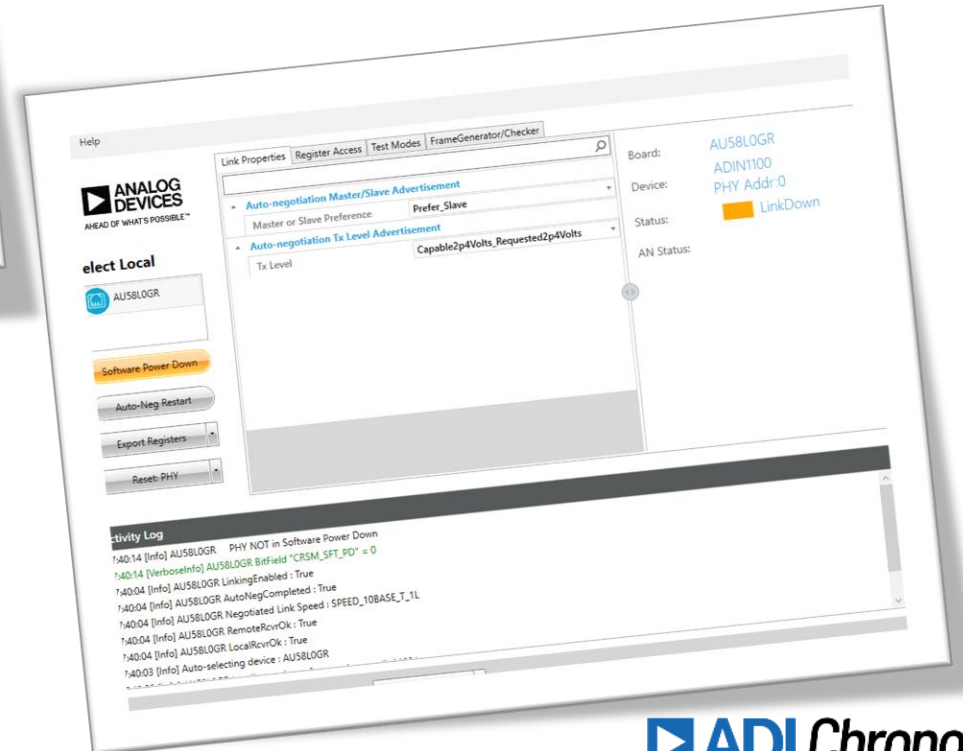
メディアコンバータ付きのT1L評価ボード



- ▶ **Robustness Testing Ongoing**
 - IEC 61000-4-4 electrical fast transient (EFT)
 - IEC 61000-4-2 ESD
 - IEC 61000-4-2 ESD
 - IEC 61000-4-6 conducted immunity
 - EN55032 radiated emissions

analog.com/adin1100

analog.com/adin1110



10BASE-T1L関連のリンク

記事

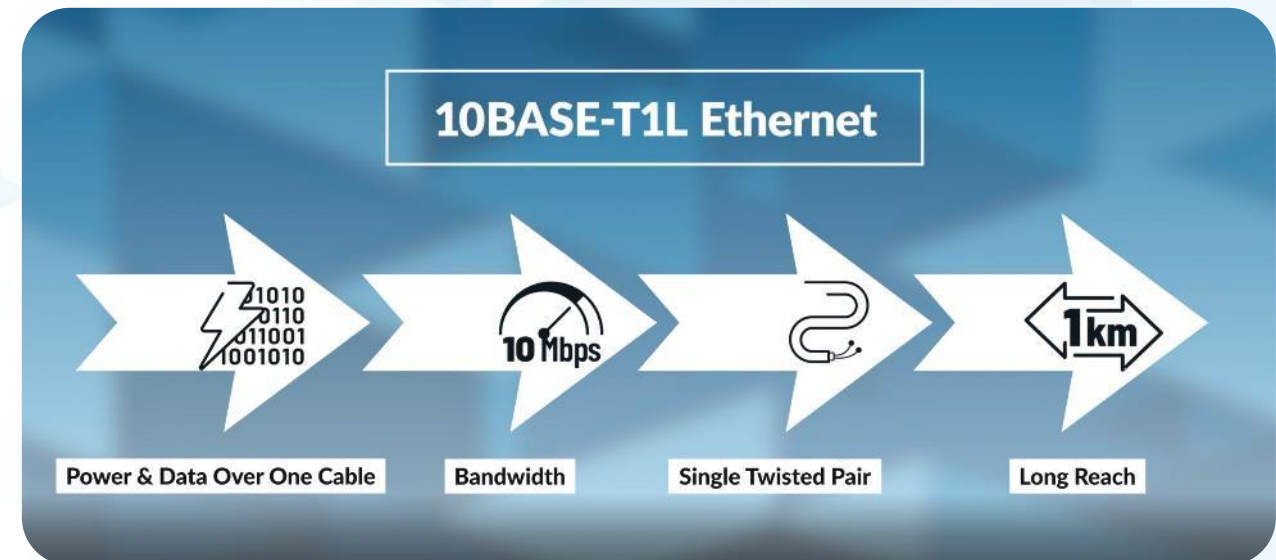
- [Enabling Seamless Ethernet to the Field with 10BASE-T1L Connectivity](#)
- [Ethernet-APL: Optimization of Process Automation with Actionable Insights](#)
- [PROFINET to the Edge: Single Pair Ethernet](#)
- [New Single Pair Ethernet with PROFINET](#)
- [How a 10BASE-T1L MAC-PHY Simplifies Low Power Processor Ethernet Connectivity](#)

ビデオ

- [ADIN1100: A ROBUST, INDUSTRIAL, LOW POWER 10BASE-T1L ETHERNET PHY](#)
- [Connecting Edge Sensors, Accessing New Insights with 10BASE-T1L - AICHEMA](#)
- [ADI: Enabling Ethernet to the Field with 10BASE-T1L Connectivity](#)
- [ADIN1100 Ultra Low Power Single Pair Ethernet PHY for Field Sensor Connectivity](#)

ウェビナー

- [The Future of Industrial Ethernet Connectivity](#)
- [SPE Pioneer Event](#)
- 2 Arrow Webinar's

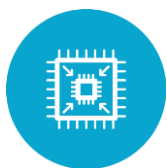




AHEAD OF WHAT'S POSSIBLE™

ADI Chronous™

SCALABLE ETHERNET TIMED TO PERFECTION



Physical Layer Devices



Embedded Switches



Platform Solutions

Visit: analog.com/chronous

Email: adichronous@analog.com