

La abundancia de conexiones con interfaces Fast Ethernet de pares trenzados, hace necesario conocer los test que acreditan el cumplimiento de los estándares IEEE 802.3. El *Fast Ethernet Consortium* y el ANSI (*American National Standard*) especifican las pruebas de nivel físico para interfaces 100Base-TX.

TEST DEL *FAST ETHERNET* CONSORTIUM PARA EL NIVEL FÍSICO DE INTERFACES 100BASE-TX

Luis Fernando Real Martín,
Ingeniero Técnico de Telecomunicación

EL *FAST ETHERNET* CONSORTIUM

Entre los fabricantes y los organismos reguladores han surgido nuevas organizaciones que establecen un puente de unión entre ellos: los Consorcios. Surgen como una nueva empresa de servicios, cuya misión es consolidar la aplicación de los estándares así como corregir los problemas técnicos. Un objetivo de los Consorcios es definir los tipos de test que necesitan superar los sistemas para cumplir los requisitos de los estándares.

El *Fast Ethernet Consortium* se define como una organización que trabaja para sus socios fabricantes y proporciona un entorno «neutral» de pruebas. La sede está en la University of New Hampshire InterOperability Laboratory (UNH-IOL). Es una entidad separada del IEEE 802.3 Working Group, organización encargada de elaborar los estándares Ethernet. Los fabricantes aceptan sus metodologías de pruebas y aseguran la interoperabilidad entre sus dispositivos.

El término «Fast Ethernet» abarca las siguientes interfaces:

- 100Base-TX a dos pares de hilos trenzados (uno para transmisión y otro

para recepción) con aislamiento (Shielded Twisted Pair, STP) o sin aislamiento pero de alta calidad (Unshielded Twisted Pair, UTP, Categoría 5).

- 100Base-T4 a cuatro pares trenzados sin aislamiento y peor calidad (Categoría 3).

- 100Base-FX con conexión sobre dos fibras ópticas multimodo.

El estándar que define la 100Base-TX se encuentra en el IEEE 802.3 edición 2002 pero las pruebas y test sobre el terminal físico se encuentran recogidas en el ANSI X.3 263 (*American National Standard of Information Technology*). El *Consortium* detalla las pruebas del ANSI, amplía otras y además proporciona ejemplos de resultados e informes de conformidad.

El *Consortium* no ofrece ningún certificado y acogerse a sus pruebas es voluntario. Especifica dos conjuntos de pruebas que abarcan un grado mayor o menor de cumplimiento de los estándares. Estos son:

- **Pruebas de Conformidad.** Es el conjunto de test basados en las cláusulas o secciones específicas de los estándares. Cada grupo de test se refiere a un nivel: nivel físico, nivel código, nivel acceso al medio (Media Access Layer), etc.

- Los test de **Interoperabilidad** son diferentes. El Device Under Test, DUT, se comprueba contra un conjunto de dispositivos de referencia de otros fabricantes que se agrupan bajo la denominación «Interoperability Test Bed». Verifica las funcionalidades básicas con una amplia variedad de parejas de enlace. La valoración se basa generalmente la Tasa de Errores de Bit, TEB (Bit Error Rate, BER).

FUNCIONALIDAD DE 100BASE-TX

La diferencia entre el Fast Ethernet y el Ethernet se encuentra en los niveles inferiores del MAC sublayer. Fast Ethernet introduce nuevas funcionalidades en nuevos sublayers dentro del nivel físico (physical layer del modelo [1]), son¹:

- **PCS** (Physical Coding Sub-layer).
- **PMA** (Physical Medium Attachment sub-layer).
- **PMD** (Physical Medium Dependent sub-layer).

La figura 1 muestra los sublayer para las interfaces 100Base-T4 (izquierda) y 100Base-TX y FX (derecha). Por debajo

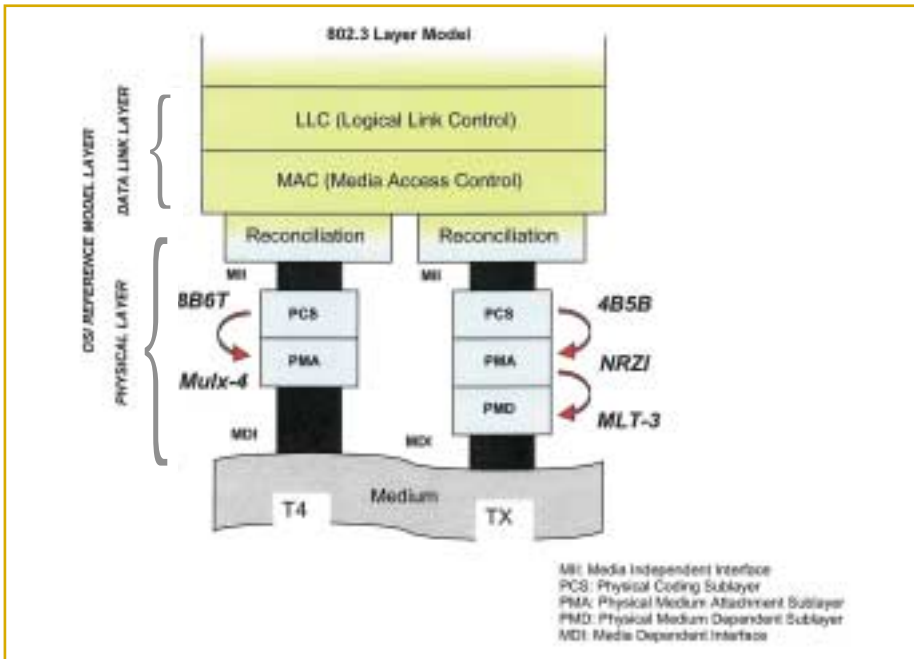


Figura 1

de PMD se encuentra el sublayer de «Autonegociación», descrito en la sección 28, pero no se trata en este artículo.

El primer problema del Fast Ethernet fue la imposibilidad de transmitir datos a 100 Mbps en el par de cobre. El Ethernet típico, 10Base-TX, utiliza la codificación «Manchester» que incluye transiciones de polaridad en cada bit para que el circuito PLL (Phase Locked Loop) regenere el reloj en el receptor. Si embargo, la señal de reloj debe de ser el doble de la velocidad de transmisión, luego los datos de 10Mbps forman una onda de 20MHz en el par. Para 100 Mbps, con esta codificación la onda sería de 200MHz. Los mejores cables trenzados, Categoría 5, alcanzan 100MHz; por lo tanto, la velocidad de Fast Ethernet parece imposible de conseguir.

Se han desarrollado dos formas de codificar, alternativas al Manchester, en el PMA sublayer. Describimos solo las interfaces 100Base-TX y FX (figura 1, derecha):

- El NRZI (Non Return to Zero, Invert on one) para 100Base-FX.
- El MLT-3 (Multiple Level Transition - 3 levels) o NRZI-3 (una variación de NRZI) en el PMD sublayer para 100Base-TX.

Estos métodos reducen la velocidad de la onda solucionando el problema de utilización de los cables, pero se pierden las transiciones de señal; sobre todo, si no hay señal de entrada o se recibe una secuencia de ceros seguidos. Sin transi-

ciones, el PLL del receptor es incapaz de ofrecer un reloj estable al decodificador de datos. Para solucionar este problema se ha añadido el PCS sublayer. En este sublayer, cada byte de datos se divide en dos cuartetos («nibble») de 4 bit (4B) y cada uno es sustituido por un símbolo de 5 bit (5B): es una codificación 4B5B. La equivalencia de uno en otro se encuentra en la Tabla 24-1 de la sección 24.2.2.1 [1]. Como 4 bit dan lugar a 16 cuartetos y 5 bit a 32 símbolos. Aquellos que tengan dos transiciones (dos cambios de bit) forman el conjunto de «Data». Otros símbolos, denominados de «Control», son los delimitadores de cada trama y otros se envían constantemente al receptor como señal «idle», para provocar transiciones en el receptor y pueda mantener el sincronismo. El resto de combinaciones se consideran inválidas. Aunque la codificación 4B5B ha aumentado la velocidad de los datos de 100Mbps a 125Mbps,

la posterior codificación NRZI y MLT-3 la reducen a 31,25 MHz. Para evitar las emisiones radiadas por el cable, los bit de los símbolos 4B5B se aleatorizan antes de entrar en el codificador MLT-3.

TEST DEL 100BASE-TX

El sublayer PMD del nivel físico es el más próximo a la interconexión que realiza el usuario con sus equipos. El conjunto de test del PMD, sección 25 [1] están recogidos en el ANSI [2], pero el Consortium ha especificado con más detalle las condiciones de muchas pruebas que no ha hecho el anterior.

Los ejemplos corresponden a una interfaz 10/100Base-Tx Line Interface Unit (LIU) STP100P de Thomson.

Las pruebas se agrupan para el circuito transmisor y el circuito receptor (entre paréntesis cada prueba en las secciones del ANSI [2] y los test del Consortium [3]):

Active Output Interface, AOI. Pruebas en el circuito transmisor

- Medida de la tensión de salida diferencial (secciones 9.1.2.1 y 9.1.2.2 del [2], test 25.1.1 de [3]). Con cable UTP y $100 \Omega \pm 2\%$, la tensión está:

$$950 \text{ mV} < V_{out} < 1.050 \text{ mV}$$

La figura 2 es la plantilla del pulso y la figura 3 es un ejemplo.

- Simetría en la señal de salida (sección 9.1.4 de [2], test 25.1.1 [3]). La relación debe quedar entre los límites:

$$0,98 \leq \frac{|+V_{out}|}{|-V_{out}|} \leq 1,02$$

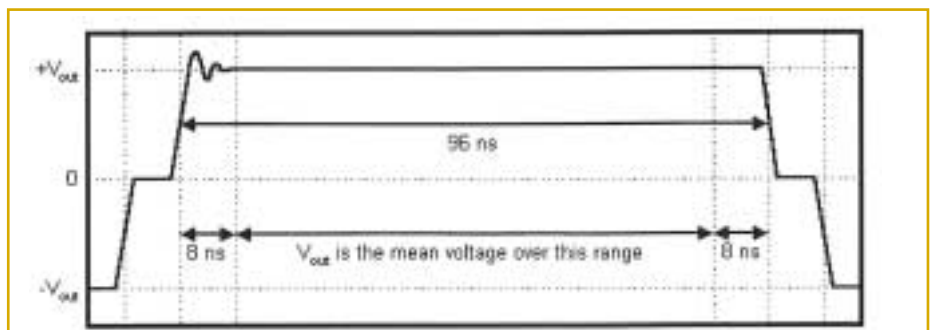


Figura 2

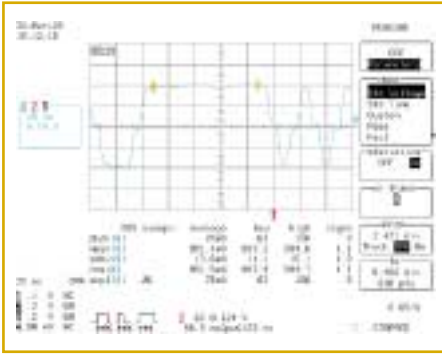


Figura 3

- Tiempo en las pendientes de subida y bajada de los pulsos (sección 9.1.6 de [2], test 25.1.2 [3]).

$$3 \text{ nseg} \leq t \leq 5 \text{ nseg}$$

- Verificación del sobreimpulso (sección 9.1.3 de [2], test 25.1.5). El porcentaje de la excusión de las transiciones señal diferencial antes de su estabilización en el valor final V_{out} . La figura 4 es la plantilla y la figura 5 un ejemplo.

$$5\% \leq \frac{V_{pico} - V_{out}}{V_{out}} \times 100\%$$

- Distorsión del ciclo de trabajo, (Duty Cycle Distortion, DCD, sección 9.1.8 de [2], test 25.1.3 [3]). El Consortium propone los cálculos en e_m que aseguran que la distorsión sea inferior a $\pm 0,25 \text{ nseg}$ en una secuencia «idle» (010101010 NRZ bit):

$$\begin{aligned} e_1 &= t_2 - t_1 - 16 \text{ nseg} & e_4 &= t_3 - t_1 - 32 \text{ nseg} \\ e_2 &= t_3 - t_2 - 16 \text{ nseg} & e_5 &= t_4 - t_2 - 32 \text{ nseg} \\ e_3 &= t_4 - t_3 - 16 \text{ nseg} & e_6 &= t_4 - t_1 - 48 \text{ nseg} \end{aligned}$$

La figura 6 es la plantilla y la figura 7 es un ejemplo.

- Pérdidas de retorno (sección 9.1.5 de [2], test 25.1.6 [3]). El coeficiente de reflexión es la relación entre tensiones de la onda reflejada y la onda incidente. La figura 8 es una plantilla con los límites que debe cumplir.

- Jitter de transmisión (sección 9.1.9 de [2], test 25.1.4 [3]). Las condiciones para la medida del jitter no están especificadas en ningún estándar. Un método



Figura 4

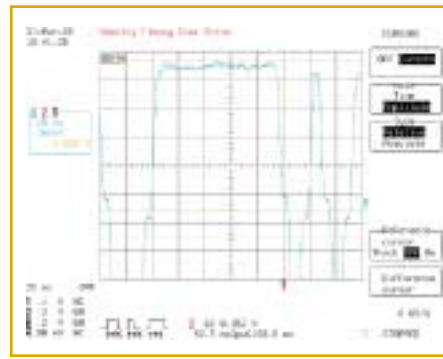


Figura 5

corriente de polarización comprendida entre 0 y 8 mA.

- Frecuencia del reloj de transmisión. (Test 25.1.8 de [3]). La especificación viene en la sección 24.2.3.4 [1]. Se mide la frecuencia del reloj recuperado y se compara con 125 MHz. La diferencia no debe exceder los límites $125\text{MHz} \pm 6,25 \text{ KHz}$.

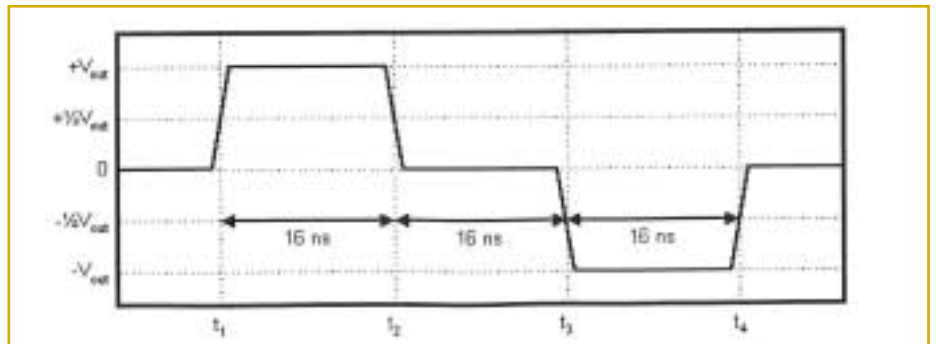


Figura 6

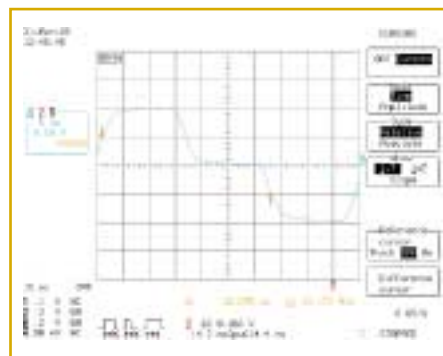


Figura 7

sencillo aunque poco preciso es visualizarlo a través del diagrama de ojos, [3]. La figura 9 es un ejemplo.

- Impedancia del transmisor en circuito abierto (sección 9.1.7 y la figura 13 de [2], test 25.1.7 de [3]). La inductancia debe ser menor de $350 \mu\text{H}$ para cualquier

Active Input Interface, All. Pruebas en el circuito receptor

- Impedancia de entrada diferencial² (sección 9.2.2 de [2], test 25.2.1 [3]).

Las pérdidas de retorno RL como relación de la carga Z_L y de la fuente Z_S . La figura 10 es una plantilla con los valores que debe cumplir.

$$RL \text{ (dB)} = 20 \cdot \log_{10} \left| \frac{Z_L + Z_S}{Z_L - Z_S} \right|$$

Los siguientes test se verifican midiendo la TEB en el receptor pero ningún estándar especifica las condiciones y los

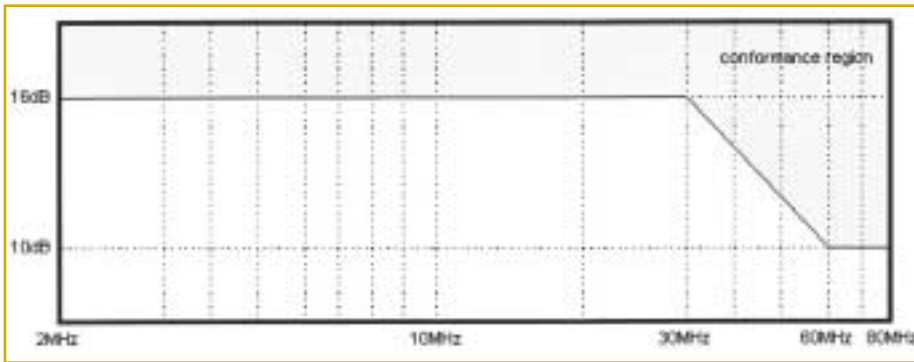


Figura 8

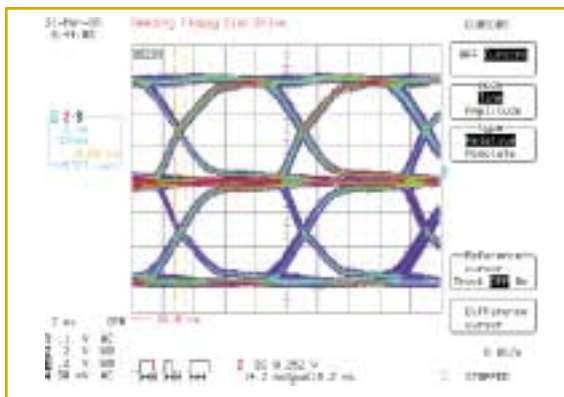


Figura 9

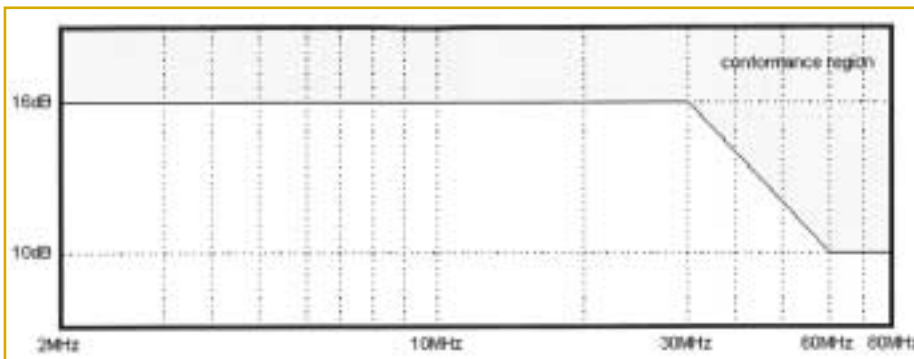


Figura 10

límites. El Consortium ha descrito cómo se realiza cada uno.

- Ecuador adaptativo (test 25.2.2 [3]). Comprueba que el DUT es capaz de compensar y corregir la atenuación y la distorsión introducida por el cable.
- Corrección de la desviación de la base (*Baseline Wander*) (test 25.2.3 [3]). Verifica que el receptor corrige las peores condiciones que provocan la desviación y los efectos del cable.
- Verificación de la TEB (sección 9.2.1 [2], Anexo A.1 [2], test 25.2.4 [3]). Comprueba que la tasa de error se mantiene dentro de los límites en las peores condiciones de relación señal ruido. ●

NOTAS

- 1 Dentro de IEEE 802.3 del año 2002, la sección 23 se dedica a la interfaz 100Base-T4. La sección 24 incluye los sublayers PCS y PMA de la 100Base-TX y 100Base-FX (agrupadas con el nombre 100Base-X). La sección 25 dedicada al PMD de 100-BaseTX y la sección 26 al PMD de 100Base-FX.
- 2 Si la función «auto-crossover» de algunas interfaces no puede ser deshabilitada, no es posible medir la impedancia de entrada diferencial.

REFERENCIAS

- Mi agradecimiento a José Luis Vázquez Tello por las imágenes de osciloscopio.
- [1] IEEE Std. 802.3 2002. Part 3: *Carrier sense multiple access with collision detection (CSMA/CD) access method and physical layer specifications.*
 - [2] ANSI X.3 263. 1995. *Fibre Distributed Data Interface (FDDI)-Token Ring twisted pair physical layer medium dependent (TP-PMD).*
 - [3] *Fast Ethernet Consortium. Clause 25. Physical Medium Dependent (PMD) Test Suite. Version 3.3.* Editado por el Fast Ethernet Consortium. Accesible en: ftp://ftp.iol.unh.edu/pub/ethernet/test_suites/CL25_PMD/PMD_Test_Suite_v3.3.pdf.

SERVICIOS DEL COITT / AEITT



Aparte de las innumerables actividades que realiza el Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos de Telecomunicación (COITT) y la Asociación Española de Ingenieros Técnicos de Telecomunicación (AEITT), ambas instituciones ofrecen un amplio abanico de servicios a los Ingenieros Técnicos de Telecomunicación, tales como:

Bolsa de Trabajo.

Cursos y seminarios con becas para los que estén sin trabajo.

Publicaciones (revista *Antena*, donde podéis escribir vuestros artículos y ser remunerados, *Boletín informativo*, *Manuales Técnicos*, *Directorio profesional*, etc.).

Cátedras, Programas Master y Cursos de Verano

Asesoría Jurídica.

Asesoría Fiscal.

Asesoría Técnica.

Tramitación del certificado de EUR-ING.

Actos culturales y sociales.

Premios fin de carrera.

Premios nacionales (liberalización de las telecomunicaciones).

Sociedades médicas.



Seguro de vida colectivo.

Servidor Gratuito y Noticias Diarias

Vacaciones gratuitas.

Campamentos de verano.

Acuerdos con entidades bancarias, etc.



VISADO DE PROYECTOS

Los Profesionales del Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos de Telecomunicación (COITT) están facultados para:

Realizar dictámenes peritaciones y certificaciones de emisiones radioeléctricas, Infraestructuras Comunes de Telecomunicación (Proyectos de ICT), mediciones de ruido, insonorización acústica, emisiones de TV u ondas terrenas o cables, sistemas de megafonía, redes privadas de voz y datos y sistemas de comunicación por satélite, entre otros.

Para solicitar peritos o ternas de cualquier provincia dirigirse a la Secretaría Técnica del Colegio: Teléfono 91 536 37 87
email: sec.tecnica@coitt.es