



UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES

CCITT

COMITÉ CONSULTIVO
INTERNACIONAL
TELEGRÁFICO Y TELEFÓNICO

G.824

(11/1988)

SERIE G: SISTEMAS Y MEDIOS DE TRANSMISIÓN,
SISTEMAS Y REDES DIGITALES

Redes digitales, secciones digitales y sistemas de línea
digitales – Objetivos de calidad y disponibilidad

**Control de la fluctuación de fase y de la
fluctuación lenta de fase en las redes digitales
basadas en la jerarquía de 1544 kbit/s**

Reedición de la Recomendación G.824 del CCITT
publicada en el Libro Azul, Fascículo III.5 (1988)

NOTAS

- 1 La Recomendación G.824 del CCITT se publicó en el fascículo III.5 del Libro Azul. Este fichero es un extracto del Libro Azul. Aunque la presentación y disposición del texto son ligeramente diferentes de la versión del Libro Azul, el contenido del fichero es idéntico a la citada versión y los derechos de autor siguen siendo los mismos (véase a continuación).
- 2 Por razones de concisión, el término «Administración» se utiliza en la presente Recomendación para designar a una administración de telecomunicaciones y a una empresa de explotación reconocida.

Recomendación G.824

CONTROL DE LA FLUCTUACIÓN DE FASE Y DE LA FLUCTUACIÓN LENTA DE FASE EN LAS REDES DIGITALES BASADAS EN LA JERARQUÍA DE 1544 kbit/s

(Málaga-Torremolinos, 1984; modificada en Melbourne, 1988)

El CCITT,

considerando

- (a) que en las redes digitales puede producirse fluctuación de fase de temporización y de alineación;
- (b) que, si no se ejerce el debido control, en ciertas circunstancias la fluctuación de fase puede acumularse hasta el punto de producirse las degradaciones siguientes:
 - i) un aumento de la probabilidad de introducción de errores en las señales digitales en los puntos de regeneración de las señales, como resultado del desplazamiento de las señales de temporización con respecto a su posición óptima en el tiempo;
 - ii) la introducción de deslizamientos incontrolados en las señales digitales por desbordamiento o vaciado de datos en equipos digitales dotados de memorias intermedias y comparadores de fase, por ejemplo, reductores de fluctuación de fase y ciertos equipos múltiplex digitales;
 - iii) una degradación de la información analógica digitalmente codificada a consecuencia de la modulación de fase de las muestras reconstituidas en el dispositivo de conversión digital-analógica en el extremo de la conexión, que puede repercutir considerablemente en la señal de video digitalmente codificada.
- (c) que a diferencia de algunas otras degradaciones de red, la magnitud de la fluctuación de fase puede reducirse con reductores de fluctuación de fase, y que, en redes complejas, puede ser necesario emplear dichos dispositivos;
- (d) que puede producirse fluctuación lenta de fase debido a variaciones en las características de transmisión de los medios y equipos, incluidas interrupciones en la distribución de referencias de sincronización;
- (e) que es necesario acomodar la fluctuación lenta de fase en los puertos de entrada de equipo digital si han de reducirse al mínimo los deslizamientos controlados e incontrolados,

recomienda

que se apliquen las directrices y límites siguientes en la planificación de redes y el diseño de equipo.

1 Principios básicos del control de la fluctuación de fase y la fluctuación lenta de fase

El objetivo de la estrategia descrita en esta Recomendación es reducir al mínimo las degradaciones causadas por la fluctuación de fase y la fluctuación lenta de fase en las redes digitales. La estrategia prevé los elementos siguientes:

- a) especificación de los límites de red que no deben excederse en ningún interfaz jerárquico;
- b) un marco coherente para la especificación de los distintos equipos digitales;
- c) información y directrices para predecir y analizar la acumulación de fluctuación de fase y fluctuación lenta de fase en cualquier configuración de red, facilitar un control satisfactorio de las degradaciones ocasionadas por esa acumulación, y esclarecer la característica de fluctuación de fase y de fluctuación lenta de fase de los distintos equipos digitales;
- d) metodología de medición para facilitar la obtención de mediciones exactas y repetibles de fluctuación de fase y fluctuación lenta de fase.

En el suplemento N.º 3.8 de la serie O (fluctuación de fase) y en el suplemento N.º 35 (fluctuación lenta de fase) se sugieren formas de medir los parámetros recomendados a continuación.

2 Límites de red para la máxima fluctuación de fase de salida en los interfaces jerárquicos y para la máxima fluctuación lenta de fase de salida en los nodos de red síncrona

2.1 Límites de red para la fluctuación de fase

La especificación de los máximos valores admisibles de fluctuación de fase de salida en los interfaces de red jerárquicos es necesaria para poder interconectar componentes de red digital (secciones de línea, equipos múltiplex, centrales), a fin de establecer un trayecto o conexión digital. Estos límites deben cumplirse independientemente del número de componentes de red interconectados que precedan al interfaz. Se pretende que los límites sean compatibles con la mínima tolerancia de fluctuación de fase de todo el equipo que opere en el mismo nivel jerárquico.

Los valores indicados en el cuadro 1/G.824 son los máximos límites admisibles de fluctuación de fase de salida en los interfaces jerárquicos de una red digital. En los casos en que se produce la máxima amplitud de fase admisible en un interfaz entre dos países, se deja a criterio de las Administraciones nacionales la adopción de medidas correctivas apropiadas. No es probable que esta situación se produzca muy a menudo.

CUADRO 1/G.824

Máxima fluctuación de fase admisible de salida en los interfaces jerárquicos					
Velocidad binaria (kbit/s)	Límite de red (IU cresta a cresta)		Filtro paso banda con una frecuencia de corte inferior f_1 o f_3 y una frecuencia de corte superior f_4		
	B_1	B_2	f_1 (Hz)	f_3 (Hz)	f_4 (kHz)
1 544	5,0	0,1 (nota)	10	8	40
6 312	3,0	0,1 (nota)	10	3	60
32 064	2,0	0,1 (nota)	10	8	400
44 736	5,0	0,1	10	30	400
97 728	1,0	0,05	10	240	1 000

IU Intervalo unitario.

Nota – Este valor requiere ulterior estudio.

En los sistemas en que la señal de salida se controla mediante un reloj autónomo (por ejemplo, un oscilador de cuarzo), pueden definirse en las especificaciones pertinentes del equipo, valores más rigurosos de fluctuación de fase de salida [por ejemplo, en el múltiplex de la Recomendación G.743, la fluctuación de fase no debe exceder 0,01 IU (valor eficaz)].

La figura 1/G.824 ilustra la disposición para medir la fluctuación de fase de salida en un interfaz digital. Los límites concretos de fluctuación de fase y las frecuencias de corte del filtro se indican en el cuadro 1/G.824.

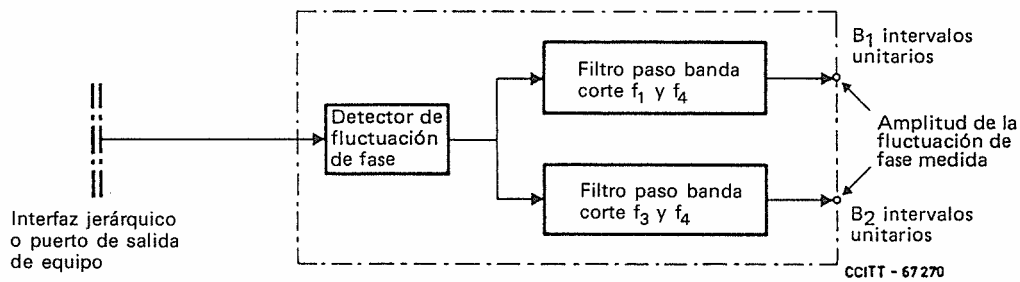


FIGURA 1/G.824

Disposición para medir la fluctuación de fase procedente de un interfaz jerárquico o de un puerto de salida de equipo

2.2 *Límites de red para la fluctuación lenta de fase*

Se necesitan especificaciones de fluctuación lenta de fase de salida de la red en los nodos de red síncrona para asegurar una calidad de funcionamiento satisfactoria de la red (por ejemplo, característica de deslizamientos, de ráfagas de errores). Para los nodos de red se especifican los siguientes límites, suponiendo una señal de sincronización no ideal (que contenga fluctuación de fase, fluctuación lenta de fase, desviación de frecuencia y otras degradaciones) en la línea que entrega la información de temporización. El máximo error en el intervalo de tiempo (MEIT) (véase la Recomendación G.811) en un periodo de S segundos no deberá exceder de:

- 1) $S < 10^4$; esta región requiere ulterior estudio,
- 2) $(10^{-2}S + 10\ 000)$ ns, aplicable para valores de S superiores a 10^4 .

Nota – La figura 2/G.824 ilustra la especificación global resultante.

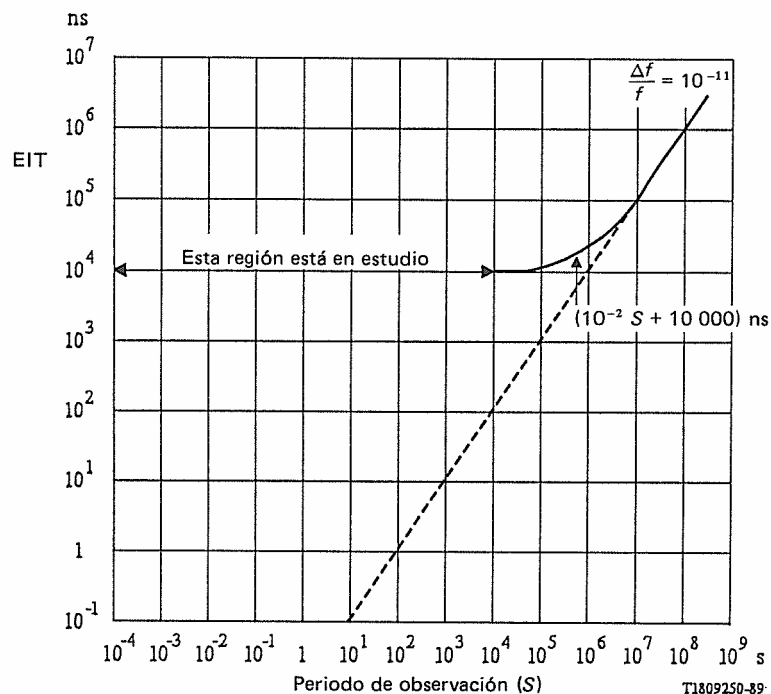


FIGURA 2/G.824

Máximo error en el intervalo de tiempo (MEIT) admisible en función del periodo de observación S a la salida de un nodo de red

Se requiere más estudio para determinar la diferencia en los límites para nodos de tránsito y locales. Además, la acumulación de fluctuación lenta de fase en las redes está íntimamente relacionada con las especificaciones de los relojes que figuran en las Recomendaciones G.811, G.812 y Q.511.

3 Marco general para la especificación de los distintos equipos digitales

3.1 Principios básicos de la especificación

El control de la fluctuación de fase y de la fluctuación lenta de fase depende esencialmente del diseño de la red y del equipo. En el § 2 se formulan consideraciones relativas a la red. Los principales parámetros de importancia al considerar la característica de fluctuación de fase y fluctuación lenta de fase del equipo digital son:

- i) cantidad de fluctuación de fase y de fluctuación lenta de fase que puede tolerarse en la entrada;
- ii) proporción de esta fluctuación de fase y fluctuación lenta de fase de entrada que se filtra hasta la salida; y
- iii) cantidad de fluctuación de fase y fluctuación lenta de fase generadas por el equipo.

Esta sección pretende sentar los fundamentos para el desarrollo de especificaciones que aseguren la compatibilidad de los diversos equipos de red desde el punto de vista de la característica de fluctuación de fase y fluctuación lenta de fase.

3.1.1 Tolerancia de fluctuación de fase y fluctuación lenta de fase de los puertos de entrada

Para asegurar que un equipo cualquiera funcione satisfactoriamente cuando se conecta a un interfaz jerárquico situado dentro de la red, es necesario que los puertos de entrada del equipo puedan acomodar niveles de fluctuación de fase de salida de la red que lleguen hasta los máximos límites de red especificados en el cuadro 1/G.824. La especificación de la tolerancia de fluctuación de fase de entrada en forma de una sola Recomendación aplicable a todas las categorías de equipo digital garantiza que todos los elementos de red satisfacen una cierta tolerancia de fluctuación de fase mínima. La mayoría de las especificaciones de tolerancia de entrada de los equipos dan la amplitud de la fluctuación de fase sinusoidal que puede aplicarse a diversas frecuencias sin causar una degradación designada de la característica de error. La sencillez de esta forma de especificación es muy atractiva, por ser fácil de verificar con equipo de prueba convencional. Sin embargo, es importante reconocer que la condición de prueba no pretende ser representativa del tipo de fluctuación de fase que se da en la práctica en una red. Para algunos equipos, por tanto, puede ser necesario especificar pruebas suplementarias de tolerancia de fluctuación de fase, y debe hacerse siempre referencia a la correspondiente Recomendación relativa al equipo.

Como directriz mínima de tolerancia del equipo se recomienda que todos los puertos de entrada digitales de equipos puedan tolerar la fluctuación de fase y fluctuación lenta de fase sinusoidales definidas por la figura 3/G.824 y el cuadro 2/G.824. Los límites deben aplicarse en un entorno operativo.

Al obtener las especificaciones del cuadro 2/G.824 para frecuencias superiores a f_3 se consideran predominantes los efectos de la amplitud de fluctuación de fase de alineación en el circuito de decisión del reloj del equipo. Las mediciones efectuadas para verificar el cumplimiento de estas especificaciones pueden arrojar resultados dependientes del entorno, por lo que admiten cierta ambigüedad en su interpretación. Debe tenerse en cuenta el requisito en la fase de diseño del equipo. El suplemento N.º 3.8 (serie O) proporciona orientación sobre las mediciones independientes del entorno.

Al obtener estas especificaciones, se considera que los efectos de fluctuación lenta de fase son predominantes en las frecuencias inferiores a f_1 y muchos equipos de transmisión, tales como sistemas de línea digital y mûldex asíncronos que utilizan técnicas de justificación, son efectivamente transparentes a estos cambios de fase de muy baja frecuencia. Sin embargo, esta variación de fase no necesita acomodarse a la entrada de ciertos equipos (por ejemplo, centrales digitales y mûldex síncronos). El requisito del cuadro 2/G.824 para frecuencias inferiores a f_1 no se presta a una sencilla evaluación práctica, pero debe tenerse en cuenta el requisito en la fase de diseño del equipo.

La tolerancia de fluctuación lenta de fase de los equipos debe ser compatible con los límites de fluctuación lenta de fase de salida de la red especificados en la figura 2/G.824. Una tolerancia de fluctuación lenta de fase insuficiente en puertos de entrada de equipo síncrono puede ocasionar deslizamientos controlados o incontrolados, según el tipo de estrategia de control de deslizamientos que se emplee.

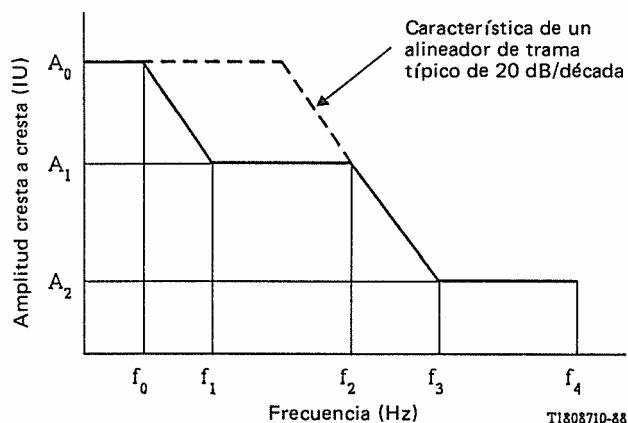


FIGURA 3/G.824

Plantilla de la fluctuación de fase y la fluctuación lenta de fase cresta a cresta que ha de acomodarse a la entrada de un nodo de una red digital
(el método de medición puede verse en el Suplemento 3.8 (serie O) y en el Suplemento N.º 35 al final del presente fascículo)

CUADRO 2/G.824

Tolerancia de fluctuación de fase y de fluctuación lenta de fase de los puertos de entrada (Valores provisionales) (nota 1)

Velocidades binarias (kbit/s)	Amplitud de fluctuación de fase (cresta a cresta)			Frecuencia					Señal de prueba
	A_0 (µs)	A_1 (IU)	A_2 (IU)	f_0 (Hz)	f_1 (Hz)	f_2 (Hz)	f_3 (kHz)	f_4 (kHz)	
1 544	18 (nota 2)	5,0	0,1 (nota 2)	$1,2 \times 10^{-5}$	10	120	6	40	$2^{20} - 1$ (nota 3)
6 312	18 (nota 2)	5,0	0,1	$1,2 \times 10^{-5}$	10	50	2,5	60	$2^{20} - 1$ (nota 2)
32 064	18 (nota 2)	2,0	0,1	$1,2 \times 10^{-5}$	10	400	8	400	$2^{20} - 1$ (nota 3)
44 736	18 (nota 2)	5,0	0,1	$1,2 \times 10^{-5}$	10	600	30	400	$2^{20} - 1$ (nota 2)
97 728	18 (nota 2)	2,0	0,1	$1,2 \times 10^{-5}$	10	12 000	240	1000	$2^{23} - 1$ (nota 2)

Nota 1 – Debe hacerse siempre referencia a las distintas especificaciones de equipos, a fin de comprobar si es necesario establecer requisitos suplementarios de tolerancia de fluctuación de fase de entrada.

Nota 2 – Este valor requiere ulterior estudio.

Nota 3 – En las redes que no admiten transparencia a 64 kbit/s, es necesario suprimir las cadenas de ceros largas de la secuencia de prueba.

Nota 4 – El valor A_0 (18 µs) representa una desviación de fase relativa entre la señal de entrada y la señal de temporización interna local extraída del reloj de referencia.

3.1.2 *Características de transferencia de fluctuación de fase y de fluctuación lenta de fase*

Las características de transferencia de fluctuación de fase definen la relación fluctuación de fase de salida/entrada en función de la frecuencia de fluctuación de fase para una velocidad binaria dada. Cuando existe fluctuación de fase en el puerto de entrada digital del equipo digital, en muchos casos una parte de la fluctuación de fase se transmite al puerto de salida digital correspondiente. Muchos tipos de equipo digital atenúan de por sí las componentes de fluctuación de fase de alta frecuencia presentes en la entrada. Las Recomendaciones del CCITT que tratan de los distintos equipos definirán en última instancia los valores límite de sus diferentes características de transferencia de fluctuación de fase. Para controlar la fluctuación de fase en casos de equipo digital homogéneo en cascada, es importante limitar el valor de la ganancia de fluctuación de fase.

Como la anchura de banda de los circuitos de suavizado de fase en equipo digital asíncrono es generalmente superior a 10 Hz, la fluctuación lenta de fase de la señal de entrada puede aparecer prácticamente no atenuada a la salida. Sin embargo, en ciertos equipos digitales (por ejemplo, relojes nodales) es necesario que la fluctuación lenta de fase sea suficientemente atenuada entre la entrada y la salida. Las Recomendaciones que tratan de equipo síncrono definirán finalmente los valores límite de las distintas características de transferencia de fluctuación lenta de fase.

3.1.3 *Generación de fluctuación de fase y fluctuación lenta de fase intrínsecas*

La fluctuación de fase y la fluctuación lenta de fase intrínsecas se definen como la fluctuación de fase y la fluctuación lenta de fase de salida generadas en ausencia de fluctuación de fase y fluctuación lenta de fase de entrada. Es necesario limitar la cantidad de fluctuación de fase y fluctuación lenta de fase intrínsecas generadas dentro de los distintos equipos digitales para ejercer control de la acumulación de fluctuación de fase y fluctuación lenta de fase de la red que resulta de los elementos de red puestos en cascada. Los límites de fluctuación de fase y fluctuación lenta de fase de salida de los distintos equipos digitales se definen en las correspondientes Recomendaciones del CCITT que tratan de equipos. Los verdaderos límites aplicados dependen del tipo del equipo.

3.2 *Secciones de línea digital*

Para asegurar que no se exceda el máximo límite de red (véase el § 2.1) dentro de una red digital, es necesario controlar la fluctuación de fase y la fluctuación lenta de fase que introducen los sistemas de transmisión.

Las especificaciones de fluctuación de fase de las secciones de línea digital se recogerán finalmente en las Recomendaciones G.911 a G.915.

3.3 *Múldex digitales*

Para asegurar que no se exceda el máximo límite de red (véase el § 2.1) dentro de una red digital, es necesario controlar la fluctuación de fase y la fluctuación lenta de fase que introducen los sistemas de transmisión.

Las especificaciones de fluctuación de fase de los múldex digitales que utilizan justificación positiva figuran en las Recomendaciones G.743 y G.752.

3.4 *Centrales digitales*

Para asegurar que no se exceda el máximo límite de red (que se especificará en el § 2.2) en una red digital, es necesario controlar la generación y la transferencia de fluctuación de fase y fluctuación lenta de fase, según convenga, en las centrales digitales.

Las especificaciones de fluctuación lenta de fase de salida de los relojes de referencia primarios se tratan en la Recomendación G.811. Las especificaciones de fluctuación de fase y fluctuación lenta de fase de las centrales de tránsito digitales y las centrales locales digitales figuran en la Recomendación Q.541.

4 Acumulación de fluctuación de fase y fluctuación lenta de fase en las redes digitales

La variabilidad de las configuraciones de red permite un gran número de posibilidades de conexión. Para analizar una determinada configuración de red, es necesario utilizar la información sobre las características de fluctuación de fase de los distintos equipos en unión de modelos apropiados de acumulación de fluctuación de fase. El suplemento N.º 36 proporciona información para ayudar a las organizaciones a llevar a cabo estas evaluaciones.

SERIES DE RECOMENDACIONES DEL UIT-T

Serie A	Organización del trabajo del UIT-T
Serie B	Medios de expresión: definiciones, símbolos, clasificación
Serie C	Estadísticas generales de telecomunicaciones
Serie D	Principios generales de tarificación
Serie E	Explotación general de la red, servicio telefónico, explotación del servicio y factores humanos
Serie F	Servicios de telecomunicación no telefónicos
Serie G	Sistemas y medios de transmisión, sistemas y redes digitales
Serie H	Sistemas audiovisuales y multimedia
Serie I	Red digital de servicios integrados
Serie J	Transmisiones de señales radiofónicas, de televisión y de otras señales multimedia
Serie K	Protección contra las interferencias
Serie L	Construcción, instalación y protección de los cables y otros elementos de planta exterior
Serie M	RGT y mantenimiento de redes: sistemas de transmisión, circuitos telefónicos, telegrafía, facsimil y circuitos arrendados internacionales
Serie N	Mantenimiento: circuitos internacionales para transmisiones radiofónicas y de televisión
Serie O	Especificaciones de los aparatos de medida
Serie P	Calidad de transmisión telefónica, instalaciones telefónicas y redes locales
Serie Q	Conmutación y señalización
Serie R	Transmisión telegráfica
Serie S	Equipos terminales para servicios de telegrafía
Serie T	Terminales para servicios de telemática
Serie U	Conmutación telegráfica
Serie V	Comunicación de datos por la red telefónica
Serie X	Redes de datos y comunicación entre sistemas abiertos
Serie Y	Infraestructura mundial de la información y aspectos del protocolo Internet
Serie Z	Lenguajes y aspectos generales de soporte lógico para sistemas de telecomunicación