



UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES

**CCITT**

COMITÉ CONSULTIVO  
INTERNACIONAL  
TELEGRÁFICO Y TELEFÓNICO

**G.812**

(11/1988)

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

Objetivos de diseño para las redes digitales

---

**Requisitos de temporización en las salidas de  
relojes subordinados adecuados para la  
explotación plesiócrona de enlaces digitales  
internacionales**

Reedición de la Recomendación G.812 del CCITT  
publicada en el Libro Azul, Fascículo III.5 (1989)

---

## NOTAS

1 La Recomendación G.812 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.812

# REQUISITOS DE TEMPORIZACIÓN EN LAS SALIDAS DE RELOJES SUBORDINADOS ADECUADOS PARA LA EXPLOTACIÓN PLESIÓCRONA DE ENLACES DIGITALES INTERNACIONALES

(Melbourne, 1988)

## 1 Generalidades

### 1.1 Objeto de la presente Recomendación

El objeto de esta Recomendación es especificar los requisitos de los relojes subordinados y favorecer la comprensión de los correspondientes requisitos de temporización para la explotación plesiócrona de los enlaces digitales internacionales.

*Nota* – Las Administraciones pueden aplicar esta Recomendación, según su propio criterio, a relojes subordinados distintos de los utilizados en relación con el tráfico internacional. El suplemento N.º 35 da directrices sobre un método adecuado para medir el comportamiento de los relojes con respecto a esta Recomendación.

### 1.2 Máximo error relativo en el intervalo de tiempo

El concepto de máximo error relativo en el intervalo de tiempo (MERIT) resulta útil para especificar el funcionamiento de un reloj subordinado. El MERIT es análogo al MEIT definido en la Recomendación G.811, pero está referido a un oscilador práctico de alta calidad en vez de al UTC.

## 2 Estabilidad de fase de los relojes subordinados

La estabilidad de fase de un reloj subordinado puede describirse por sus variaciones de fase, que a su vez pueden dividirse en un cierto número de componentes:

- discontinuidades de fase debidas a perturbaciones transitorias;
- variaciones de fase a largo plazo (fluctuación lenta de fase y desviación integrada de frecuencia);
- variaciones de fase a corto plazo (fluctuación de fase).

En el anexo A a esta Recomendación se describe un modelo de estabilidad de fase para relojes subordinados.

### 2.1 Discontinuidad de fase

En los casos, infrecuentes, de comprobación o reconfiguración internas en el reloj subordinado, deben satisfacerse las siguientes condiciones:

- la variación de fase durante un periodo de hasta  $2^{11}$  IU no debe exceder  $1/8$  de IU;
- durante los periodos superiores a  $2^{11}$  IU, la variación de fase para cada intervalo de  $2^{11}$  IU no debe exceder  $1/8$  IU, hasta un total de  $1 \mu\text{s}$ ,

donde IU es el inverso de la velocidad binaria del interfaz.

### 2.2 Variaciones de fase a largo plazo

Los requisitos de estabilidad de fase de los relojes subordinados deben tener en cuenta su comportamiento en entornos de red reales. Degradaciones tales como la fluctuación de fase, las ráfagas de errores y las interrupciones son características intrínsecas de los medios de distribución de la temporización. Las siguientes especificaciones se basan en el modelo de estabilidad de fase de un reloj subordinado descrito en el anexo. El modelo caracteriza el comportamiento real del reloj, reflejando las condiciones forzadas en que los relojes deben funcionar de forma aceptable en las redes reales. Existen tres categorías de funcionamiento del reloj que requieren especificaciones:

- i) ideal;
- ii) en régimen forzado;
- iii) en régimen libre.

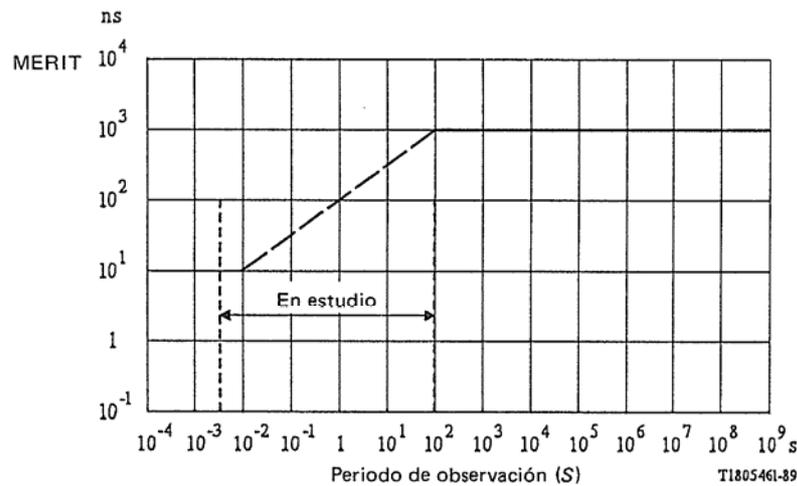
2.2.1 *Funcionamiento ideal*

Esta categoría de funcionamiento refleja el comportamiento de un reloj en condiciones en que no existen degradaciones de la referencia o referencias de temporización de entrada.

El MERIT a la salida del reloj subordinado no debe, en ningún periodo de  $S$  segundos, exceder los siguientes límites provisionales:

- 1)  $0,05 < S < 100$ : esta gama requiere estudio ulterior;
- 2)  $1000 \text{ ns}$  para  $S \geq 100$ .

La especificación global resultante se resume en la figura 1/G.812.



*Nota* — Para la medición de las variaciones a largo plazo, se sugiere la utilización de un filtro paso bajo de 10 Hz con una caída de 20 dB/década.

FIGURA 1/G.812

**Máximo error relativo en el intervalo de tiempo (MERIT) admisible debido a las variaciones de fase a largo plazo en función del periodo de observación  $S$  para un reloj subordinado en funcionamiento ideal**

2.2.2 *Funcionamiento en régimen forzado*

Esta categoría de funcionamiento refleja el comportamiento real de un reloj considerando la influencia de las condiciones reales (forzadas) de funcionamiento. Las condiciones forzadas incluyen los efectos de la fluctuación de fase, las actividades de conmutación de protección y las ráfagas de errores. El resultado de éstas condiciones forzadas son degradaciones de la temporización, que se tratan en el anexo.

Los requisitos relativos al funcionamiento en régimen forzado están en estudio.

2.2.3 *Funcionamiento en régimen libre*

Esta categoría de funcionamiento refleja el funcionamiento de un reloj en las ocasiones infrecuentes en que un reloj subordinado pierde la referencia durante un periodo de tiempo significativo.

El MERIT (véase el § 1.2 y la Recomendación G.811) a la salida del reloj subordinado no debe, en ningún periodo de  $S$  segundos, exceder los siguientes límites provisionales:

$$\text{Para } S \geq 100, \text{ MERIT } (S) = (aS + 1/2 bS^2 + c) \text{ ns}$$

donde los parámetros,  $a$ ,  $b$  y  $c$  son los que se proponen en el cuadro 1/G.812 de forma provisional (nota 5).

CUADRO 1/G.812

	Reloj de nodo de tránsito <sup>a)</sup> (Reloj de estrato 2)	Reloj de nodo local <sup>a)</sup> (Reloj de estrato 3)
a	0,5 (Nota 1)	10,0 (Nota 3)
b	$1,16 \times 10^{-5}$ (Nota 2)	$2,3 \times 10^{-4}$ (Nota 4)
c	1000 (Nota 6)	1000 (Nota 6)

<sup>a)</sup> Para estas definiciones véase la Recomendación G.810.

*Nota 1* – Corresponde a un desplazamiento de frecuencia inicial de  $5 \times 10^{-10}$ .

*Nota 2* – Corresponde a una deriva de frecuencia de  $1 \times 10^{-9}$ /día.

*Nota 3* – Corresponde a un desplazamiento de frecuencia inicial de  $1 \times 10^{-8}$ .

*Nota 4* – Corresponde a una deriva de frecuencia de  $2 \times 10^{-8}$ /día.

*Nota 5* – Efectos de la temperatura: el efecto de los cambios de la temperatura ambiente sobre el comportamiento de un reloj subordinado en nodo en régimen libre precisa ulterior estudio.

*Nota 6* – Tiene en cuenta cualquier MERIT que pueda haber existido al comienzo del funcionamiento «en régimen libre», y los efectos de la reconfiguración interna, etc., del reloj (y, si se aplica, de la distribución de la temporización). En cualquier caso, se estipula una transición gradual entre el funcionamiento «ideal», y el «en régimen libre».

La especificación total resultante se resume en la figura 2/G.812.

### 2.3 Variaciones de fase a corto plazo

Existen realizaciones prácticas de relojes que pueden presentar algunas componentes de inestabilidad de fase de alta frecuencia. Está en estudio la máxima variación de fase admisible a corto plazo de un reloj subordinado debida a la fluctuación de fase.

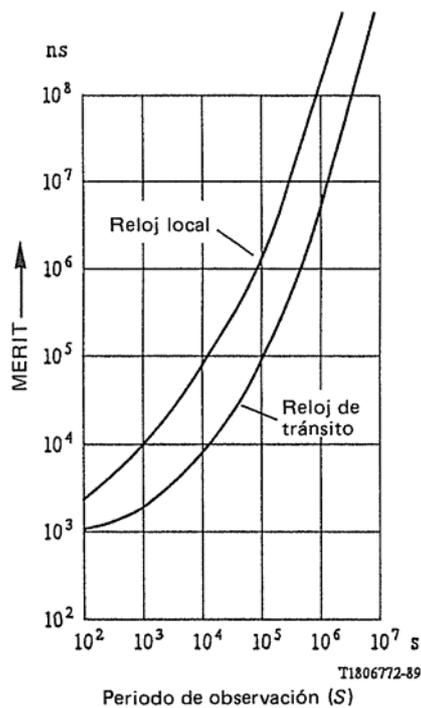


FIGURA 2/G.812

**Máximo error relativo en el intervalo de tiempo (MERIT) admisible debido a las variaciones de fase a largo plazo en función del periodo de observación  $S$  para un reloj subordinado en funcionamiento en régimen libre**

#### ANEXO A

(a la Recomendación G.812)

#### Caracterización de la estabilidad de fase de un reloj subordinado

A.1 El modelo de reloj subordinado viene dado por la siguiente ecuación:

$$x(t) = y_{\text{bias}} \cdot t + \left(\frac{D}{2}\right) t^2 + e_{\text{mp}}(t) + \int_{\tau=0}^{\tau=t} e_{\text{mf}}(\tau) d\tau$$

donde

- $x(t)$  es la salida fase-tiempo con relación a la entrada de referencia (dimensión tiempo)
- $y_{\text{bias}}$  es el desplazamiento de frecuencia fraccionario residual que puede producirse como consecuencia de los fenómenos de interrupción en la entrada de referencia (sin dimensiones)
- $D$  es la componente lineal de deriva de frecuencia cuando el reloj está en la condición de funcionamiento en régimen libre (dimensión 1/tiempo)
- $e_{\text{mp}}(t)$  es una componente de modulación de fase (MP) de ruido blanco asociada a la inestabilidad a corto plazo del reloj (dimensión de tiempo)
- $e_{\text{mf}}(\tau)$  es una componente fraccionaria de modulación de frecuencia (MF) de ruido blanco asociada al proceso de interrupción de la referencia (sin dimensiones).

Este modelo de reloj se entiende mejor considerando tres categorías de funcionamiento de reloj:

- funcionamiento ideal;
- funcionamiento en régimen forzado;
- funcionamiento en régimen libre.

#### A.1.1 *Funcionamiento ideal*

En los intervalos de observación cortos fuera de la anchura de banda de seguimiento del bucle de enganche de fase, la estabilidad de la señal de temporización a la salida viene determinada por la estabilidad a corto plazo de la base de tiempos del sincronizador local. En ausencia de interrupciones de la referencia, la estabilidad de la señal de temporización de salida se comporta asintóticamente como un proceso MP de ruido blanco, a medida que aumenta el periodo de observación hasta hallarse dentro de la anchura de banda de seguimiento del bucle de enganche de fase. La salida del reloj puede verse como una superposición del ruido de alta frecuencia del oscilador local sobre la parte de baja frecuencia de la señal de referencia de entrada. En el funcionamiento con enganche de fase, el ruido de alta frecuencia debe limitarse, y está incorrelacionado (blanco), durante largos periodos de observación con respecto a la anchura de banda del bucle de enganche en fase.

En condiciones ideales, el único parámetro distinto de cero del modelo es la componente MP de ruido blanco.

#### A.1.2 *Funcionamiento en régimen forzado*

En presencia de interrupciones, la estabilidad de la señal de temporización de salida se comporta como un proceso MF de ruido blanco, a medida que el periodo de observación aumenta hasta hallarse dentro de la anchura de banda de seguimiento del bucle de enganche en fase. La presencia de MF de ruido blanco puede justificarse por el simple hecho de que, en general, los relojes de red extraen intervalos de tiempo en vez de tiempos absolutos de la referencia de tiempo. Una interrupción es, por naturaleza, un periodo corto, en el que no está disponible el intervalo de tiempo de referencia. Cuando se restablece la referencia existe cierta ambigüedad en cuanto a la diferencia de tiempo real entre el reloj local y la referencia. Según la complejidad de la reconstrucción de la fase del reloj, pueden producirse varios niveles de error residual de fase para cada interrupción. Existe una componente aleatoria que es independiente de un fenómeno de interrupción al siguiente, y que se traduce en una fluctuación aleatoria de fase, es decir, una fuente de ruido MF de ruido blanco.

Además de la componente MF de ruido blanco, los fenómenos de interrupción pueden traducirse realmente en un desplazamiento de frecuencia entre el reloj y su referencia. Este desplazamiento de frecuencia ( $y_{\text{bias}}$ ) es consecuencia de una desviación sistemática en la reconstrucción de fase cuando se restablece la referencia. Este es un punto crucial. Las consecuencias de este efecto consisten en que, en los entornos de red reales, existe cierta acumulación de desplazamientos de frecuencia a lo largo de la cadena de relojes. Así pues, los relojes controlados por un mismo reloj de referencia primario funcionan de hecho en forma plesiócrona, hasta cierto punto.

Para resumir, en condiciones forzadas los parámetros distintos de cero del modelo de reloj son la componente de ruido blanco MF ( $e_{\text{mf}}$ ) y la componente de desplazamiento de frecuencia ( $y_{\text{bias}}$ ). La categoría de funcionamiento forzado refleja una caracterización realista del funcionamiento «normal» de un reloj.

#### A.1.3 *Funcionamiento en régimen libre*

En el funcionamiento en régimen libre, las componentes clave del modelo de reloj son la deriva de frecuencia (D) y el desplazamiento inicial de frecuencia ( $y_{\text{bias}}$ ). El término deriva tiene en cuenta el envejecimiento significativo asociado a los osciladores de cuarzo. El desplazamiento de frecuencia inicial guarda relación con la posibilidad intrínseca de fijar la frecuencia del oscilador local.

### A.2 *Relación del modelo de reloj subordinado con la característica de EIT*

Es útil considerar la relación entre el modelo de reloj y el error en el intervalo de tiempo (EIT) que se esperaría. Se propone la utilización de la varianza Allan bimuestral para describir la parte estocástica del modelo de reloj. Para las tres categorías de funcionamiento se aplican las siguientes ecuaciones:

*Ideal*

$$\sigma_{\text{EIT}} = \sqrt{3\sigma_y^2 (\tau = t) \cdot t}$$

*En régimen forzado*

$$\sigma_{\text{EIT}} = \sqrt{\sigma_{\text{bias}}^2 + \sigma^2 (\tau = t) \cdot t}$$

*En régimen libre*

$$\sigma_{\text{EIT}} = \left(\frac{D}{2}\right) t^2 + \sqrt{\sigma_{\text{bias}}^2 + \sigma^2 (\tau = t) \cdot t}$$

donde

- $\sigma_{\text{EIT}}$  es la desviación típica del error relativo de intervalo de tiempo de la salida de reloj con relación a la referencia en el tiempo de observación  $t$ ;
- $\sigma, (\tau)$  es la desviación típica bimuestral que describe la fluctuación aleatoria del reloj, y
- $\sigma_{\text{bias}}$  describe la desviación típica bimuestral del sesgo de frecuencia.

### A.3 *Directrices relativas a la medición de la fluctuación de fase y de la fluctuación lenta de fase*

La verificación del cumplimiento de las especificaciones de la fluctuación de fase y de la fluctuación lenta de fase requiere metodologías de medición normalizadas, para eliminar las ambigüedades en las mediciones y en la interpretación y comparación de sus resultados. Las directrices para la medición de la fluctuación de fase y de la fluctuación lenta de fase figuran en el suplemento N.º 35.



## 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
<b>Serie G</b>	<b>Sistemas y medios de transmisión, sistemas y redes digitales</b>
Serie H	Sistemas audiovisuales y multimedios
Serie I	Red digital de servicios integrados
Serie J	Transmisiones de señales radiofónicas, de televisión y de otras señales multimedios
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, facsímil 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