

Marcas temporales en el sistema VLBI del CAY

P. de Vicente, I. López

Informe Técnico IT-OAN 2001-8

Índice General

1	Introducción	2
2	Sistema de medida en el CAY	3
3	Montaje de medida	4
4	Resultados	5

1 Introducción

Los datos recogidos durante una observación VLBI se agrupan en una trama a la que se añaden periódicamente marcas temporales que permiten identificar de modo unívoco el momento de registro de los datos de dicha trama. Las marcas temporales están en la escala de Tiempo Universal Coordinado (UTC) y se generan a partir de un patrón de frecuencia de gran precisión (habitualmente un máser de hidrógeno) situado en cada estación. Durante la correlación las tramas de datos de dos estaciones diferentes se alinean de modo que las marcas temporales coincidan. Dado que las marcas temporales no son generadas por el mismo oscilador local, es necesario comparar dichos osciladores utilizando una fuente común generadora de tiempos.

Para poder alinear con la mayor precisión las tramas de datos es necesario partir de un conocimiento a priori de la diferencia temporal en la generación de dichas marcas. En la actualidad, y en observaciones geodésicas, este valor debe ser mejor que $1 \mu s$. En el futuro se exigirá un conocimiento de dicho valor mejor o igual que 100 ns , que permita la correlación “ciega” de los datos, es decir que permita alinear automáticamente las tramas sin necesidad de intervención humana.

Por otra parte, los patrones de frecuencia de las estaciones pueden oscilar a diferente frecuencia, lo que genera una deriva constante entre las marcas temporales generadas por las dos estaciones. Las diferencias de frecuencia se deben conocer con al menos una precisión de $(\Delta\nu/\nu \simeq 10^{-13})$, tanto mejor cuanto más alta sea la frecuencia de observación, para que la señal correlada no se degrade apreciablemente.

Actualmente tanto la diferencia de tiempos como la deriva de los máseres de hidrógeno de dos estaciones diferentes se determina utilizando como referencia común el tiempo generado por el sistema GPS. En la práctica en cada estación se utiliza un receptor de satélites GPS que genera una señal de 1 pps.

El esquema recomendado para la monitorización de los máseres de hidrógeno está formado por dos sistemas.

- El primer sistema sirve para medir la **diferencia temporal** entre el formateador del sistema VLBI y el sistema GPS durante la observación. Se mide el retardo entre la señal de 1pps del formateador generada a partir del máser local, y la del receptor GPS con un contador de tiempos. El valor obtenido se emplea en el correlador para alinear temporalmente el flujo de datos procedentes de dos estaciones diferentes.
- El segundo sistema sirve para monitorizar de modo constante **la deriva del máser**. Para ello se mide el retardo entre 1 pps del máser de hidrógeno y 1 pps del receptor GPS con otro contador de tiempos. Este sistema permite monitorizar constantemente el máser de hidrógeno sin necesidad de tener encendido el formateador del sistema VLBA. Para conseguir la precisión requerida, con el error actual en el sistema GPS, es necesaria la monitorización durante al menos 48 horas.

En el radiotelescopio de Yebes las medidas descritas en la introducción se hacen sólo con un sistema y no se utiliza un contador externo de tiempos. El objeto de este informe es describir el sistema de medida de tiempos y de monitorización del máser de hidrógeno y cómo se emula la funcionalidad ofrecida por los dos sistemas con uno sólo.

2 Sistema de medida en el CAY

En el Centro Astronómico de Yebes (CAY) la medida de tiempos se realiza con un sistema formado por un contador de tiempos integrado en el receptor GPS y un unidad de generación de señales de 1pps, que permite la monitorización del máser de hidrógeno incluso si el sistema de adquisición de datos de VLBI está apagado. El esquema utilizado se resume en la figura 1.

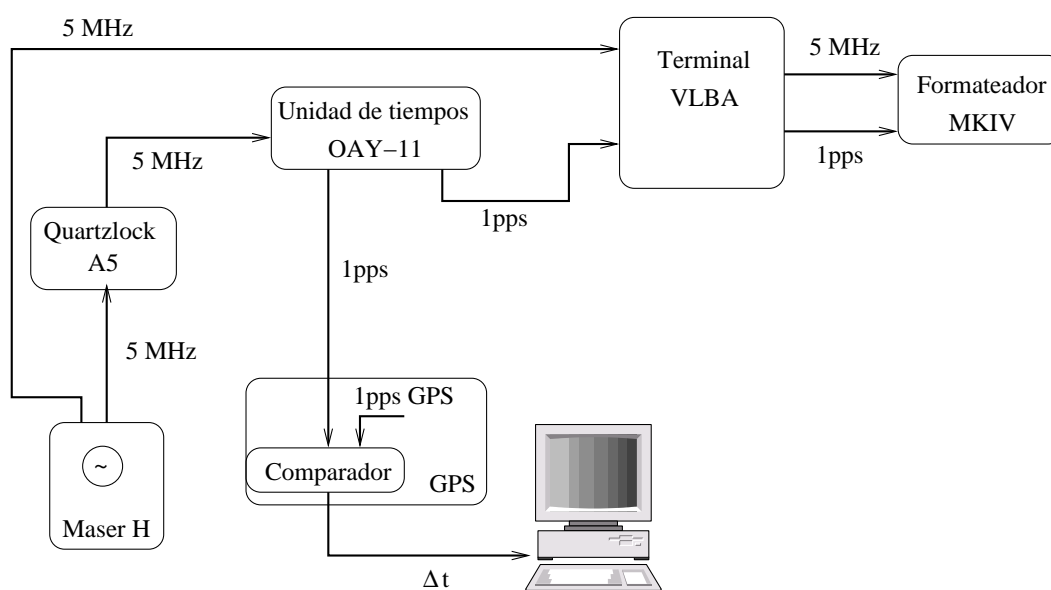


Figura 1: Esquema de monitorización

La unidad de generación de señales está descrita en el informe técnico IT-CAY-1994-2. Para utilizar dicha unidad sin necesidad del terminal de VLBI es necesario, alimentar la caja independientemente del terminal y suministrarle una señal de 5 MHz procedente del máser. Dado que el máser sólo genera dos señales de 5 MHz, necesarias para otros equipos, el terminal VLBA, y el receptor GPS entre ellos, se adquirió un distribuidor de frecuencia de 5 MHz de gran estabilidad y bajo ruido de fase. La señal de 5 MHz recibida por la unidad OAY-11 se obtiene del distribuidor de frecuencia Quartzlock A5.

- Medida de la deriva** La unidad de tiempos OAY-11 genera una señal de 1 pps que se inyecta en el terminal receptor de GPS TrueTime XL640. Este receptor dispone de un contador de tiempos de una precisión de 30 ns. El receptor GPS mide cada segundo la diferencia de tiempos entre la señal de 1pps generada internamente y la inyectada desde la unidad OAY-11. El valor medido se escribe en un puerto serie del receptor GPS, y es leído por un ordenador dedicado a la lectura de datos de diversos instrumentos. El resultado de la lectura es procesado por un programa que obtiene un promedio de las diferencias temporales cada 10 minutos. Para más detalles sobre el procesamiento de la señal se puede consultar el informe IT-CAY-1996-6. Este montaje corresponde al segundo sistema de medida descrito en la introducción, donde el contador externo se sustituye por uno interno en el receptor GPS.

- Medida de la diferencia temporal** El sistema de medida de la diferencia de tiempos entre el formateador y el GPS, y que se mide durante las observaciones se implementa, leyendo cada segundo el valor obtenido de la comparación entre la señal de 1 pps de la unidad de tiempos OAY-11 y el receptor GPS, y corrigiendo por el intervalo de tiempo transcurrido desde la generación de 1 pps en la unidad OAY-11 y a la generación de 1pps en el formateador MKIV. Este valor se introduce en los programa de lectura de modo que la lectura registrada durante las observaciones sea equivalente al que se obtendría con una medida directa.

A continuación se describe cómo se han realizado las medidas de los intervalos temporales transcurridos entre la generación de 1 pps en la unidad de tiempos y en diferentes salidas de 1pps del sistema VLBA y el formateador MKIV, y los resultados obtenidos.

3 Montaje de medida

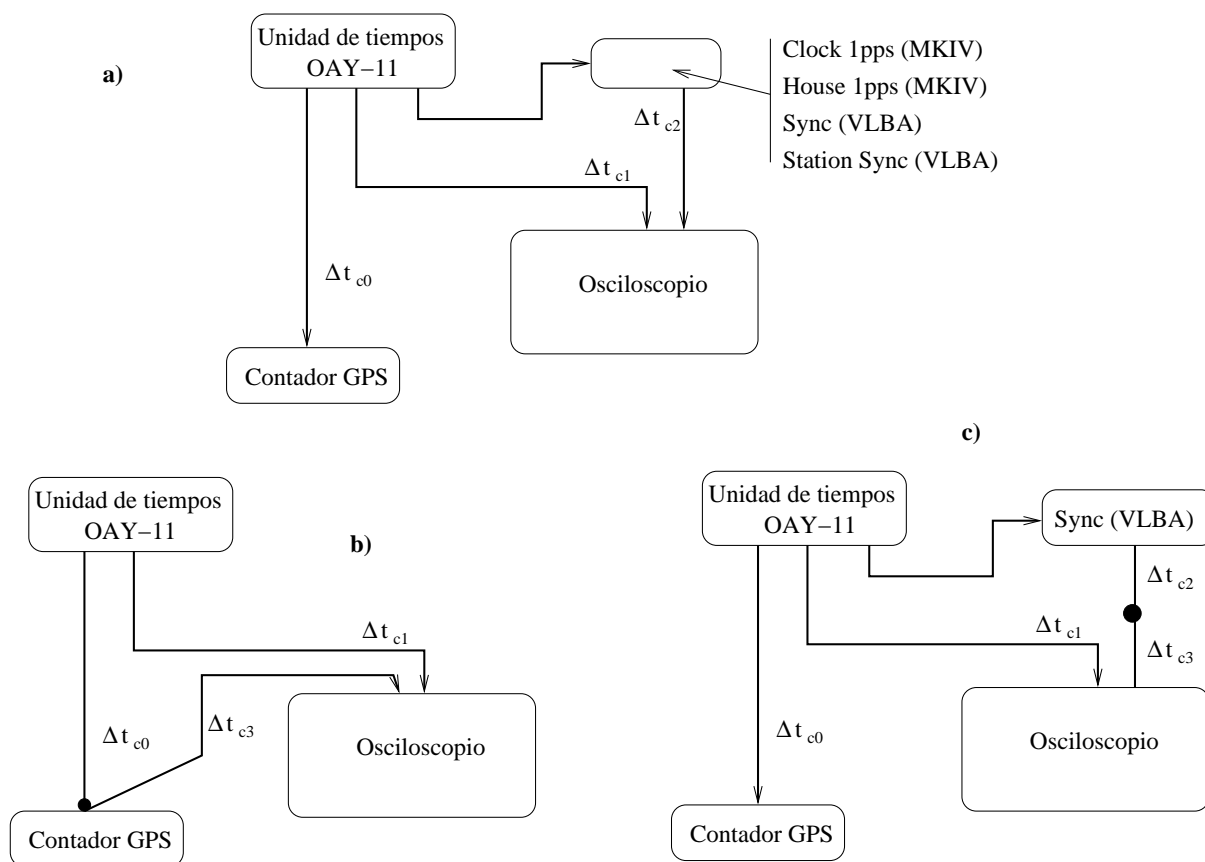


Figura 2: Montaje de medida

En la figura 2a se muestra el montaje para medir el intervalo temporal entre la unidad OAY-11 y otras salidas de 1pps del VLBA y del formateador MKIV. Para realizar las medidas se

utilizó un analizador lógico HP1652B en modo de osciloscopio digital. Se utilizó como disparo la señal de 1 pps de la caja OAY-11 y se midió el retraso entre la rampa de subida de dicha señal y la rampa de subida de las 4 señales generadas en el equipo VLBA y MKIV, que se incluyen en la figura 2a. Para evitar retrasos adicionales en las señales se emplearon dos cables RG58 de la misma longitud.

Los valores que en la figura aparecen como δt_{c0} , δt_{c1} y δt_{c2} , corresponden a los retrasos introducidos por los cables 0, 1 y 2 tendidos entre los diferentes equipos. Los cables 1 y 2 se eligieron de la misma longitud de modo que $\delta t_{c1} \simeq \delta t_{c2}$.

Dado que el contador de tiempos se encuentra en el terminal GPS es necesario conocer el retardo introducido por el cable 0 en la señal generada por la unidad OAY-11. Como dicho cable no se puede mover fácilmente se hizo una medida conectando un cable adicional (cable 3) al extremo del cable 0 que se conecta al terminal GPS (figura 3b). El osciloscopio en este caso mide el retardo introducido por los cables 0 y 3 ($\delta_{c0} + \delta_{c3}$). Para obtener el retardo del cable 3 se utilizó el montaje descrito en la figura 3c, que consiste en repetir una de las medidas descritas en la figura 3a introduciendo el cable 3 en uno de los caminos de la señal. Una vez conocido δ_{c3} y $\delta_{c0} + \delta_{c3}$ se puede obtener fácilmente δ_{c0} .

La determinación de los retardos temporales tiene una cierta incertidumbre introducida por los conectores que permiten empalmar los cables 0 y 3 y 1 y 3.

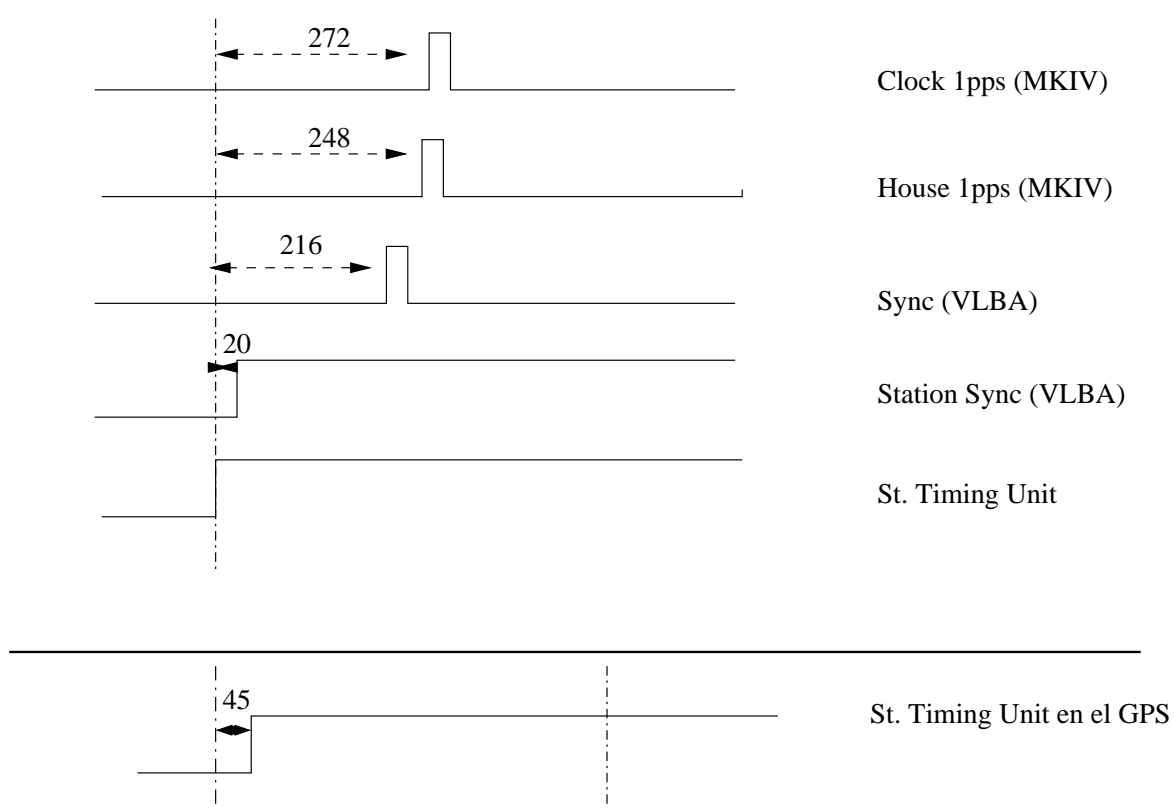
4 Resultados

La tabla 1 contiene un resumen de las medidas realizadas:

Salida	Δt (ns)
Clock 1pps (MKIV)	272
House 1pps (MKIV)	248
Sync (VLBA)	216
Station sync (VLBA)	20
GPS	45

Tabla 1: Diferencias temporales entre la señal de 1 PPS (rampa de subida) de la unidad OAY-11 y la rampa de subida de las señales de 1 PPS generadas en otras salidas del VLBA y formateador MKIV

Si la lectura obtenida en el contador del GPS es t_1 , la que se se obtendría de comparar el 1PPs del formateador MKIV y el 1 PPS del GPS sin retardos introducidos por los cables sería $t_2 = t_1 - (272 - 45) = t_1 - 227$ ns.



Lectura del GPS:	(St. Timing Unit en el GPS – GPS)	= t1
Lectura deseable para VLBI:	(Clock 1pps – GPS)	= t2 = t1 – 227 ns

Figura 3: Resultados de las medidas