

# GPSDO – OSCILADOR DISCIPLINADO POR GPS



Lorente, Hugo; Sager, G.E; Juárez, J. M  
 Grupo de Investigación y Desarrollo en Comunicaciones Digitales – GrIDComD  
 Departamento de Electrotecnia – Facultad de Ingeniería UNLP –  
 Calle 48 y 116 2do piso. ger@ing.unlp.edu.ar



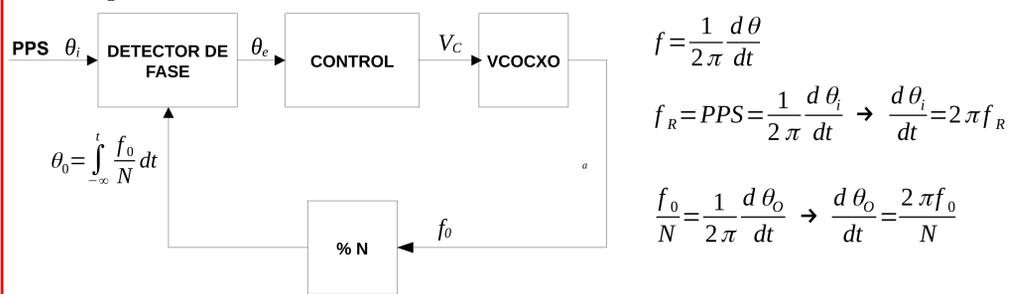
## INTRODUCCION

Este trabajo describe el diseño y construcción de un oscilador disciplinado por GPS, entendiendo por “disciplinado” que la frecuencia y la fase del oscilador están controladas por la señal de referencia de 1 pulso por segundo (PPS) proveniente de un receptor GPS. Esta señal tiene una precisión extremadamente alta a largo plazo, y aún en receptores de bajo costo suele tener una variación residual o jitter menor que 50 ns pico a pico. En un trabajo anterior [1] se implementó un oscilador similar, pero en ese momento las señales de GPS incluían distorsiones intencionales por razones de seguridad militar que degradaban su utilidad como referencia de tiempo, asimismo, la sensibilidad de los osciladores a la temperatura y el costo elevado de osciladores estables controlados en horno (oven controlled crystal oscillators – OCXO) llevó a un límite en la precisión que podía obtenerse. El sistema consiste básicamente en un PLL que toma como referencia la señal de un PPS proveniente del receptor GPS, y produce una salida proveniente del OCXO Vectron CO-705SB19V [2] que trabaja a 10 MHz y es convenientemente dividida en frecuencia. Esta salida, debería tener un jitter mucho menor que la referencia de entrada debido a que las constantes del PLL fueron calculadas para filtrar el ruido de fase. Asimismo, la estabilidad de frecuencia debería ser acorde con la estabilidad de frecuencia del sistema GPS.

## IMPLEMENTACIÓN

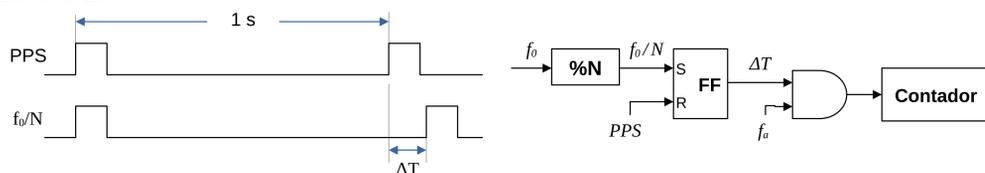
### Esquema básico del GPSDO: Lazo de Enganche de Fase

La acción de control tiende a mantener la condición  $\theta_i = \theta_0 + Cte$ . Teniendo en cuenta las relaciones entre fase y frecuencia que se detallan más abajo, se llega a que cuando el lazo está enganchado,  $f_0 = N f_R$  y la frecuencia local queda sincronizada con los patrones GPS.

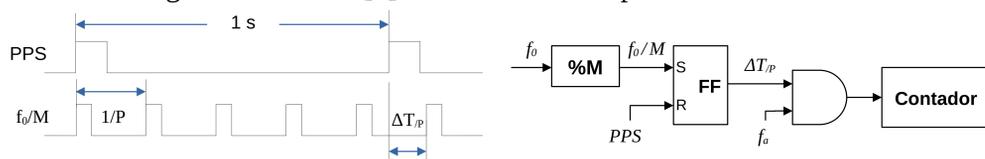


### Detector de Fase

Si el valor nominal de  $f_0 = N$ , el valor que obtengamos en el contador será proporcional a  $\Delta T$ , que a su vez será proporcional a  $\theta_e$  y podrá variar en el rango de 0 a  $2\pi$



Si ahora tomamos M y P tales que  $MP = N$ , el valor que obtengamos en el contador será proporcional a  $\Delta T/P$ , que a su vez será proporcional a  $\theta_e$  y podrá variar en el rango de 0 a  $2\pi/P$ . [3] Esto facilita la implementación.



Se adoptaron los siguientes valores:

$f_0 = 10\text{MHz} = 2^7 \cdot 5^7$
$M = 12500 = 2^2 \cdot 5^5$
$P = 2^5 \cdot 5^2 = 800\text{Hz}$
$\Delta T_p = 1,25\text{ms}$
$f_a = 50\text{MHz}$
$C_{MAX} = 62500$
$0 < \theta_e < 2\pi/800$ .

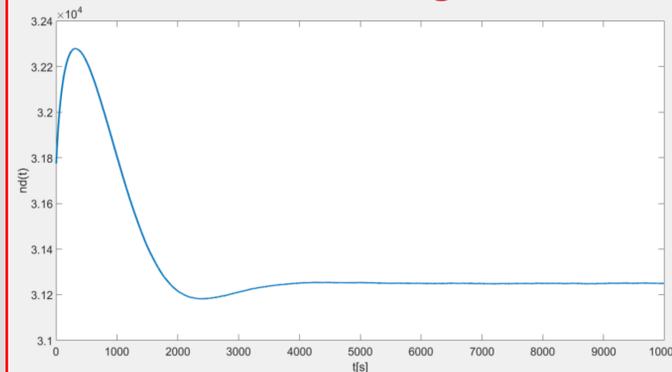
El divisor de frecuencia, FF, comparador y contador fueron implementados en una FPGA EPM7064.

Un microcontrolador 9S08SH8 implementa el filtrado digital que controla el lazo, se utiliza un PWM como convertor DA para proveer la tensión de control del VCOCXO y también un puerto RS232 permite la interacción con una computadora externa.

Por último una serie de Buffers permite la interfaz de entrada y salida adaptada a  $50\Omega$  para la conexión al receptor GPS y la conversión de forma de onda senoidal a cuadrada

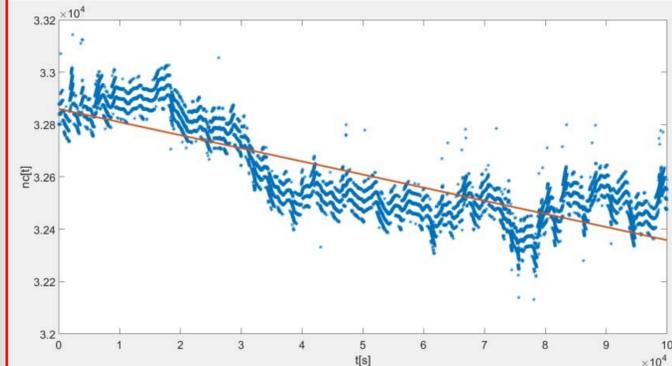
## RESULTADOS

### Transitorio de Enganche



**Comportamiento del número de fase al encender el GPSDO.**  
 El transitorio de enganche ocupa alrededor de 4000 segundos.  
**Observar:** En equilibrio tiende a 31250 que es la mitad del rango del contador

### Comportamiento de la acción de control $n_c$



**Comportamiento de la acción de control.**  
**Variaciones rápidas + Tendencia lineal.**  
**Variaciones rápidas: jitter PPS, inestabilidades del OCXO.**  
**Tendencia lineal: envejecimiento**

### Caracterización de Inestabilidades: Varianza de Allan

Utilizando el Puerto RS232, se puede leer desde el microcontrolador que valor de  $n_c$  se envió al OCXO en cada instante, y se sabe su relación con la frecuencia.

$$f_0(i) = \frac{K_{DA} K_o}{2\pi} n_c(i) = \frac{K_o'}{2\pi} n_c(i)$$

Puede calcularse la varianza de Allan como:

$$AVAR = \sigma_{f_0}^2(\tau) = \frac{1}{2(M-1)} \left( \frac{K_o'}{2\pi f_{nom}} \right)^2 \sum_{i=1}^{M-1} [n_c(i+1) - n_c(i)]^2 \text{ entonces } ADEV = \sigma_{f_0} = \sqrt{\sigma_{f_0}^2(\tau)}$$

Se calculó ADEV sobre 260000 muestras y se obtuvo  $ADEV = 3.2 \times 10^{-11}$  que es compatible con los valores documentados para osciladores a cristal [4].

### Tendencia lineal: Ajuste

Se puede ajustar la tendencia lineal y se obtiene una variación  $\Delta f/f_0 = 3.6 \times 10^{-10}$ . Esto es compatible con la especificación del OCXO [2] que es  $\Delta f/f_0 = 5 \times 10^{-10}$

### Bibliografía

- [1] G. Sager, H. Lorente y C. Muravchik "Sincronización de un oscilador a cristal mediante el sistema GPS" Anales del XVI Congreso Argentino de Control Automático, AAECA '98, Septiembre de 1998. pp. 374-379.
- [2] Vectron CO- 705S OCXO Basic Series- 1MHz to 25MHz.
- [3] Brooks Shera, "A GPS- Based Frequency Standard", QST, pp 37-44, Julio 1998.
- [4] Yuriy S. Shmaliy, Luis Arceo- Miquel, Jorge Munoz- Diaz, and Oscar Ibarra- Manzano, "Real-time Frequency Estimation of Local Oscillators Using GPS Timing Receivers", 2007 IEEE Frequency Control Symposium, Suiza, 29 de Mayo al 1 de Junio de 2007.

## CONCLUSIONES

Las constantes de tiempo de los sistemas involucrados son bastante largas y el trabajo experimental se hace prolongado. por ejemplo, el tiempo de enganche del PLL, es de más de dos horas, y para poder medir la estabilidad de frecuencia, es necesario realizar más de  $10^5$  mediciones, a razón de una por segundo, o sea, más de un día de experiencia. Los resultados obtenidos fueron satisfactorios, se han medido valores de desviación de Allan, de  $3.2 \cdot 10^{-11}$ , compatibles con valores que se encuentran en la literatura. También se ha medido la deriva de frecuencia del OCXO  $\Delta f_0/f_0 = 3.10^{-10}$  la que resultó compatible con la especificación de  $\Delta f_0/f_0 < 5.10^{-10}$ . El contraste se ha realizado con un oscilador de rubidio, y actualmente se está elaborando una configuración para realizarlo con los patrones de cesio y másér de hidrógeno existentes en el Observatorio Geodésico Argentino Alemán.