

# DISPOSITIVO PARA DECODIFICACIÓN DE SEÑAL DE TIEMPO PARA MEDICIÓN FASORIAL EN REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA

Gustavo Alessandrini, Fernando Beunza, Gustavo Escudero  
 INTI Electrónica e Informática  
 gusi@inti.gov.ar

## Introducción

Los sistemas eléctricos de potencia integrados a nivel país o región requieren herramientas de control de operación que permitan lograr los estándares siempre crecientes de confiabilidad requeridos por los usuarios y la industria.

Una unidad de medida fasorial (*Phasor Measurement Unit*, PMU) extrae parámetros del sistema como la frecuencia, cambios de frecuencia, sincrofasores, y entrega datos confiables para el análisis de calidad de energía o control en tiempo real del sistema de distribución. Esta información se obtiene en estaciones y subestaciones de transformación, para luego enviarla a una Central, donde se analiza y se generan las acciones correctivas.

La red es un sistema distribuido. Por lo tanto es necesaria una referencia de tiempo común, la cual es suministrada por un Sistema Global de Navegación por Satélite (GNSS) para que los datos adquiridos puedan satisfacer las necesidades de control en tiempo real y para el posterior análisis de ingeniería para mejorar la confiabilidad, la eficiencia de la red y reducir los costos de operación.

El dispositivo que se describe en este trabajo se hizo como parte del proyecto FONARSEC, convocatoria FITS 2013 UREE.

## Objetivo

Desarrollar el hardware y el firmware necesario para:

- Adaptar la señal de salida de la fuente de referencia de tiempo entregada en formato IRIG-B<sup>[1]</sup>
- Preparar y transmitir la información extraída utilizando el protocolo NMEA<sup>[2]</sup>
- Propagar el pulso de sincronismo de comienzo de segundo (PPS)
- Comprobar distintos modelos de software y algoritmos para su implementación final

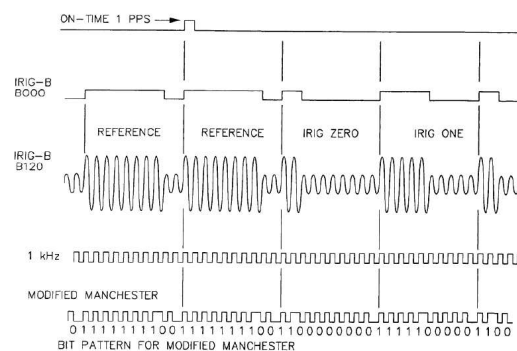
## Descripción

El protocolo IRIG-B es utilizado por las empresas para asegurar la sincronización precisa del tiempo en los dispositivos que conforman el sistema de generación y distribución de energía eléctrica.

Para la referencia de tiempo de la red se utiliza un reloj de red sincronizada por satélite que

recibe señales de tiempo del GNSS y distribuye el tiempo preciso a través de protocolos de salida incluyendo, entre otros, IRIG-B.

IRIG-B se distribuye como una señal codificada en ancho de pulso (IRIG-B no modulada) o como una señal modulada en amplitud con una portadora senoidal de frecuencia de 1 kHz (IRIG-B modulada). Los métodos de codificación IRIG-B se muestran en la figura 1.



**Figura 1: Comparación de codificación IRIG B: no modulada, 1 kHz AM, y Manchester modificado (fuente: IRIG STANDARD 200-04).**

## Formato de la trama de datos IRIG-B

**Marcadores de referencia:** La presencia de dos marcadores consecutivos significa el inicio del período de tiempo. El primer marcador de referencia indica que el siguiente flanco ascendente será el marcador PPS. ("On-Time 1 PPS" mostrado en la figura 1).

La codificación IRIG-B consta de 100 bits transmitidos cada un segundo, los cuales contienen fecha, cambios de tiempo y la información de calidad de tiempo de la señal. Hay tres grupos funcionales de bits: Decimal codificado binario (BCD), funciones de control (CF) y segundos binarios directos (SBS). El grupo BCD contiene de segundos, minutos, horas y días. El código de tiempo SBS contiene el total de segundos transcurridos durante el día. El grupo CF contiene el año, la calidad de la medición de tiempo, año bisiesto, segundos de salto pendientes e información para detección de errores. El orden y distribución de estos campos de bits en la trama, se muestran en la figura 2.

El protocolo NMEA define requisitos de datos y tiempo de transmisión en el formato serie.

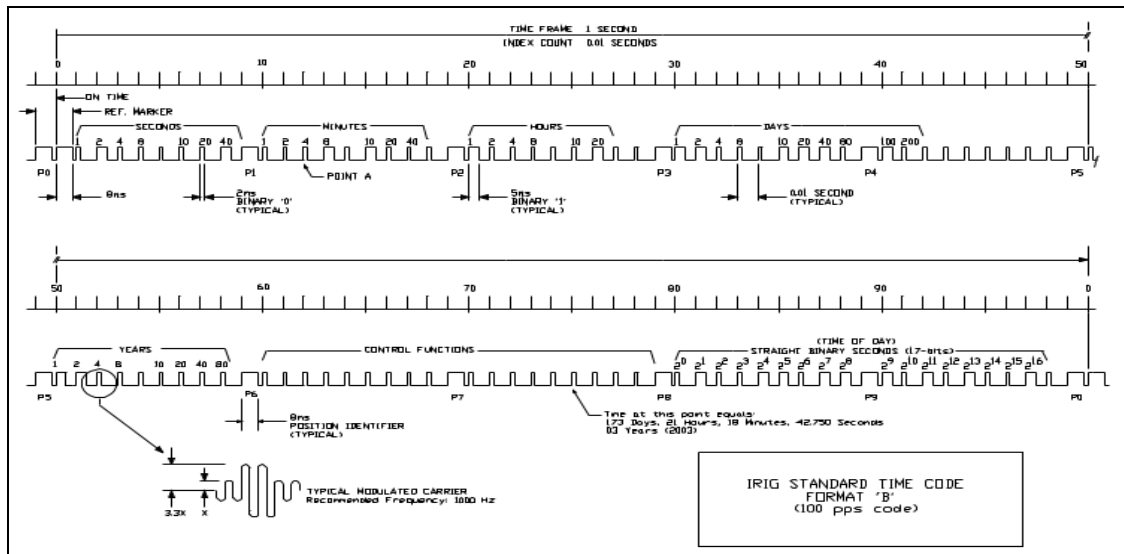


Figura 2. Formato IRIG-B: Tiempo BCD de año en días, horas, minutos, segundos y año, segundos binarios directos y bits de control (fuente: IRIG STANDARD 200-04).

### Hardware

Para el formato IRIG-B modulado, se construyó un demodulador con detector de envoltorio, y un comparador de niveles a la salida. De esta forma, la información modulada en AM se transforma en un tren de pulsos, obteniendo una señal no modulada. Si la fuente de reloj entrega la información de tiempo como un tren de pulsos digitales, la conexión es directa sin pasar por la etapa de demodulación AM.

### Firmware

Si bien no está definido cual va a ser el microcontrolador que se utilizará en el PMU, se hicieron pruebas sobre una CPU candidata, escribiendo el firmware en lenguaje C para tener los algoritmos probados y listos para ser portados a cualquier CPU de características similares. Se diseñaron 2 modelos de software para probar diferentes algoritmos de decodificación, determinar su eficiencia y carga de la CPU. En uno de los modelos se utilizó un sistema operativo de tiempo real, en el cual se activó una tarea periódica de 1 ms de periodo, para leer el estado de la señal IRIG-B y armar la trama de datos de tiempo. El segundo modelo se realizó en "bare metal"<sup>[3]</sup>, conectando la señal IRIG-B a una entrada del microcontrolador que permite medir el tiempo entre 2 flancos de la señal; de esta forma se obtiene el ancho del pulso y se le asigna el valor "0" o "1" o "marca de referencia" según corresponda. Cada fin de pulso medido e identificado se marca como un evento que dispara una máquina de estados que permite sincronizar el comienzo de cada trama. En ambos modelos, terminada la extracción de la información, se conforma la trama NMEA, y se transmite por línea serie.

El modelo de máquina de estados agrega una salida con el PPS en sincronía con el entregado por la trama IRIG-B original.

### Esquema de pruebas

Las pruebas se realizaron utilizando una fuente de reloj GPS SEL 2488, una computadora embebida EDU-CIAA<sup>[4]</sup>, placa demoduladora, y una PC para observar la información de salida.

### Resultados

Los modelos de software probados mostraron un comportamiento óptimo, sin pérdida de bits o fallas de sincronismo.

Se observó que el demodulador AM requiere de un ajuste o calibración, debido al rango dinámico de la señal indicada en la norma (1 a 6 V con 30% de profundidad de modulación).

### Conclusiones

Los modelos de software usados y algoritmos que se fijaron como objetivo fueron realizados y probados en forma satisfactoria.

El rango de señal AM indicado en la norma no pudo ser comprobado en extremos porque en la fuente de señal de reloj no se puede modificar la amplitud de la señal. Para probar esto se armarán en un generador de señales, tramas de mayor y menor amplitud para excitar al circuito de detección y comprobar su funcionamiento. Para eliminar la necesidad del ajuste de fábrica se diseñará una etapa amplificadora con control automático de ganancia.

### Bibliografía

- [1] IRIG STD 200-04. [www.irigb.com/pdf/wp-irig-200-04.pdf](http://www.irigb.com/pdf/wp-irig-200-04.pdf)
- [2] National Marine Electronics Association. [www.nmea.org](http://www.nmea.org)
- [3] [https://es.wikipedia.org/wiki/M%C3%A1quina\\_desnuda](https://es.wikipedia.org/wiki/M%C3%A1quina_desnuda)
- [4] [www.proyecto-ciaa.com.ar](http://www.proyecto-ciaa.com.ar)