

“SISTEMA DE MONITOREO Y VISUALIZACIÓN DEL PROCESO DE CARGA Y DESCARGA DE UN CONJUNTO DE BATERÍAS DE LOS SUBMARINOS DE LA ARMADA DEL ECUADOR”

Miguel Merino Pilay¹, Víctor Merino Pilay², Alberto Larco³

¹Ingeniero en Electricidad, Especialización Electrónica y Automatización Industrial 2006; email: merinopilay_ma@yahoo.es, mmerino@armada.mil.ec

²Ingeniero en Electricidad, especialización Electrónica y Automatización Industrial 2006; email: vmerino@hotmail.com, vmmerino@armada.mil.ec

³Director de Tesis: Ing. Damián Alberto Larco Gómez, Ingeniero en Electricidad Especialización Electrónica, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 1982 Maestría en Sistemas de Información Gerencial, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 2004 Maestría en Administración de Empresas (MBA), UQAM/CANADA, 2006 Profesor principal FIEC/ESPOL, desde 1982; email: dlarco@espol.edu.ec, dlarco@gye.satnet.net

RESUMEN

Este documento describe los aspectos logísticos por el cual este sistema se inicio y desarrollo, además de los aspectos técnicos en la cual se fundamenta su estructura electrónica.

Las siguientes secciones describen, los antecedentes a su creación, el proyecto, aspectos técnicos y su utilidad a bordo de la nave, los resultados obtenidos y las conclusiones.

ABSTRACT

This document describes the logistical aspects for which this system birth and development, besides the technical aspects for which its electronic structure is based.

The following sections describe the antecedents to their creation, the project, technical aspects and their utility on board the ship, the obtained results and the conclusions.

INTRODUCCION

La necesidad imprescindible de poseer un sistema de visualización y un registro de datos históricos para los valores de voltaje, corriente y temperatura de las baterías del submarino crea y da inicio al proyecto. El sistema desarrollado se divide en dos componentes, hardware y software.

El hardware íntegramente desarrollado y construido en Ecuador esta compuesto de componentes electrónicos comerciales, los diseños y esquemáticos son dados como parte de los manuales. Integrado por las tarjetas electrónicas de adquisición de datos de voltajes y corriente, donde la característica principal es el aislamiento galvánico que provee la tecnología mosfet y amplificadores con moduladores para corriente DC, dando el aislamiento necesario entre estas tarjetas. Todas las tarjetas están ubicadas dentro de tableros acondicionados para estos buques, el uso de los cables para aplicaciones navales fueron necesarios.

Por otro lado el software se encuentra desarrollado bajo LabVIEW 7, las pantallas de visualización dan información del estado de las celdas considerando valores mínimos y máximos configurables, con el propósito de proveer valores históricos se crean gráficos que traen información de la base de datos.

Las tarjetas electrónicas se encuentran instaladas en paralelo sobre una red RS-485, y mediante un driver desarrollado en VB6 se interroga a cada tarjeta, la cual responde con los datos, posteriormente se guardan en la base de datos, con el objetivo de obtener reportes y gráficos históricos.

CONTENIDO

1. ANTECEDENTES

Los submarinos de la Armada del Ecuador son unidades autónomas, básicamente su fuente de energía eléctrica es proporcionada por celdas electrolíticas militares, en un número de 120 celdas por batería, el sistema de energía esta formado por 4 baterías. Así es fundamental que se conozca el estado y valores de los parámetros de tal manera que se pueda medir su capacidad de proveer energía y de conocer su estado de operatividad.

Con estos antecedentes de marcada importancia se da inicio al estudio, desarrollo, construcción e implementación a bordo de una de las naves submarinas el proyecto “SISTEMA DE MONITOREO Y VISUALIZACIÓN DEL PROCESO DE CARGA Y DESCARGA DE UN CONJUNTO DE BATERÍAS DE LOS SUBMARINOS DE LA ARMADA DEL ECUADOR”.

2. DESCRIPCION DEL SISTEMA

Por medio de las tarjetas de adquisición de datos, 16 para el caso de lectura de valores de voltajes, 4 para la lectura de valores de corriente y el sistema de PLC que toma las señales de temperatura y el driver de comunicación, se comunica a la base de datos.

El sistema de visualización lee los datos previamente guardados en la base de datos. Muestra los valores de los parámetros de voltaje, corriente y temperatura, resalta la particularidad de alarmas en el caso de que los valores salen fuera del rango que se considere seguro para la operación de las baterías. Grafica curvas de los valores históricos para voltaje, corriente y temperatura.

3. CAPACIDAD FUNCIONAL

3.1. Sistema de adquisición de datos de voltaje

- 16 tarjetas de adquisición de datos de voltaje.
- Tarjetas funcionalmente independientes, aislamiento galvanico entre canal y entre tarjetas 1500VDC.

- Tiempo de muestreo entre canal, 40mseg.
- Única fuente de poder de $\pm 15\text{VDC}$ y 5VDC .
- Cada canal se encuentra protegido con fusible de 500mA.
- Tiempo de respuesta ante el pedido de datos, 200mseg.

3.2. Sistema de adquisición de datos de corriente

- 4 tarjetas de adquisición de datos de corriente.
- Tarjetas funcionalmente independientes, aislamiento galvanico entre tarjetas 1500VDC.
- Tiempo de muestreo, por tarjeta 40mseg.
- Única fuente de poder de $\pm 15\text{VDC}$ y 5VDC (la misma fuente de poder del sistema de voltaje).
- Tiempo de respuesta ante el pedido de datos, 1mseg.

3.3. Sistema de adquisición de datos de temperatura

Sistema basado en PLC.

3.4. Sistema de visualización

- Sistema desarrollado en LabVIEW 7.
- Pantalla de visualización de los estados de los voltajes y temperatura por celda.
- Pantalla de visualización de los valores de voltaje y temperatura por celda
- Pantalla de gráficos históricos de los valores de voltaje, corriente y temperatura.
- Capacidad de imprimir reportes históricos y reportes con los valores actuales.
- Alarma visual y sonora en caso de que algún o algunos valores sobrepasen los limites establecidos.

4. DESCRIPCION TECNICA

4.1. Sistema de adquisición de datos de voltaje (SADV)

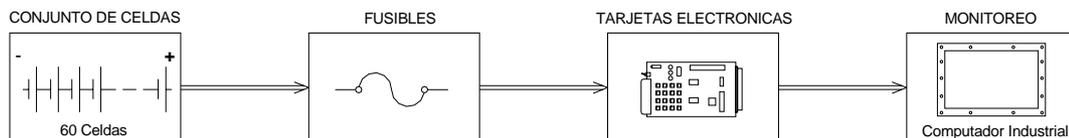


Figura 4.1. Diagrama modular del SADV

Conjunto de celdas.- Grupo de 30 celdas conectadas en serie, cada celda como máximo provee 2,78 voltios de corriente directa y aproximadamente 3000 Amperios como valor nominal de corriente de salida. El tamaño de cada celda es de 54cm de ancho por 35cm de largo y 150cm de alto, con un peso aproximado de 500kgrs.

Fusibles.- Son tarjetas electrónicas diseñadas específicamente para este propósito, cada tarjeta posee 120 mini fusibles, de tipo soldado superficial. Esta tarjeta se encuentra dentro del tablero del sistema de medición de voltaje.

Tarjetas electrónicas.- Se encuentran dentro del tablero del sistema de medición de voltaje, su función es leer los valores de voltaje de 30 celdas, el principio de operación se basa en multiplexación de los 30 canales. Es posible que cada tarjeta tome los valores independiente si las otras se encuentre o no leyendo algún canal.

Estas tarjetas utilizan reles de estado sólido para la multiplexación de los 30 canales, adicional posee un amplificador de aislamiento galvanico de tal manera que exista aislamiento entre cada tarjeta.

Un microcontrolador PIC16F873 de la empresa Microchip, realiza la lógica de control entre la multiplexación y la lectura de datos, igualmente este micro se encarga de la coordinación de recepción de trama desde el software y envío de los datos hacia la base de datos.

Monitoreo.- Cumple la función de visualizar los parámetro de voltaje, corriente y temperatura, es un computador industrial y se enlaza mediante un convertidor de RS-232 a RS-485 a las tarjetas de adquisición de datos.

4.2. Sistema de adquisición de datos de corriente (SADC)

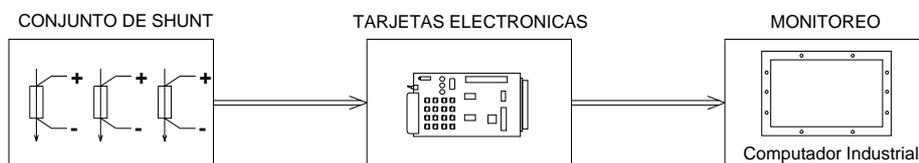


Figura 4.2. Diagrama modular del SADC

Conjunto de shunt.- Las baterías poseen un shunt como elemento primario por medio del cual las tarjetas de adquisición de datos de corriente leen los valores en mV del shunt y los relaciona con la corriente. Debido a que cada batería esta compuesta de 120 celdas, se hace imprescindible el uso de un aislamiento galvanico entre tarjeta, esto debido al alto voltaje, aproximadamente 900 VDC.

Tarjetas electrónicas.- Existe 4 tarjetas de lectura de datos de corriente, cada una se conecta a cada batería por medio del shunt correspondiente, el principio es el acoplamiento de la señal de milivoltios a voltios que lee el microcontrolador PIC16F873, el cual mediante la red RS-485 comunica los datos al software de visualización.

5. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL HARDWARE

5.1. Tarjeta de adquisición de datos de voltaje



Figura 5.1. Diagrama general de la tarjeta de lectura de voltaje

Celdas de energía (30).- Subconjunto de 30 celdas, conectadas en serie, cada tarjeta únicamente captura o lee 30 valores de voltaje DC.

Etapa de multiplexación.- Dado que el voltaje entre la celda 1 y la celda 30 es de un máximo de 81 voltios. Por consiguiente es necesario que exista un aislamiento entre la tierra de la celda a medir y la tierra de la fuente de poder que alimenta a la tarjeta y debido a que la tarjeta lee los canales uno a uno, es necesario un sistema de multiplexamiento aislado, esto se resuelve con el uso de reles de estado sólido, comandado por dos decodificadores de 4-16 y estos controlados por el microcontrolador PIC16F873.

Etapa de aislamiento galvanico.- Los voltajes multiplexados por la etapa posterior ingresan a la de aislamiento a un amplificador aislador, este aislamiento provee la característica a cada tarjeta la autonomía de muestrear los voltajes en cualquier instante independiente del resto de las tarjetas de adquisición de datos de voltaje.

Etapa de acoplamiento.- Se compone de amplificadores operaciones, en la cual se acopla impedancia y niveles de voltaje, dado que los valores de voltaje de las celdas son un máximo de 2,78 voltios, esta etapa amplifica a 5 voltios hasta cubrir todo el rango del convertidor de analógico a digital del microcontrolador.

Etapa del microcontrolador.- Se utiliza el PIC16F873 de la empresa microhip, internamente posee un convertidor de análogo a digital de 10bits, el tiempo de conversión es de aproximadamente 13useg. Este se encarga de controlar a los decodificadores para ejecutar la multiplexación de los 30 canales. Almacena los valores leídos en la memoria de programa, igualmente controla la etapa de comunicación RS-485, recibiendo en todo momento los datos enviados por el software, y respondiendo con los valores de voltaje almacenado en su memoria, de esta manera este microcontrolador se convierte en el corazón de la tarjeta.

Etapa de acoplamiento RS-485.- Acopla el nivel de tensión de TTL a niveles dados por la norma RS-485, que es una comunicación digital balanceada. De esta manera esta claro que la red de comunicación utilizada para este sistema, es una red eléctrica RS-485, además se utiliza un canal para recibir y un canal para enviar, cumpliendo con la característica de full duplex.

5.2. Tarjeta de adquisición de datos de corriente



Figura 5.1. Diagrama general de la tarjeta de lectura de corriente

Shunt desde las baterías.- Son elementos resistivos ubicados en el polo negativo de las baterías, esta resistencia en un elemento sensor que al transitar corriente sea en un sentido o en otro se obtiene un voltaje(mV) proporcional a la corriente.

Etapa de acoplamiento (1).- Esta compuesta por resistencia de tal manera que se eleve el voltaje en mV a voltios justo a la entrada del amplificador aislador.

Etapa de aislamiento galvanico.- El voltaje de la etapa posterior ingresa a la etapa de aislamiento por medio de un amplificador aislador, este aislamiento provee la característica a cada tarjeta, la autonomía de leer los valores del shunt independiente que si lo hace otra tarjeta o si alguna tarjeta de adquisición de voltaje esta muestreando el valor de una celda.

Etapa de acoplamiento (2).- Se compone de amplificadores operaciones, en la cual se acopla impedancia y niveles de voltaje, dado que el valor de mV es elevado a voltios para cubrir el rango del convertidor de analógico a digitales.

Etapa del microcontrolador.- Se utiliza el PIC16F873 de la empresa microhip, internamente posee un convertidor de analógico a digital de 10bits. Este lee cada 500mseg el dato de voltios y la convierte a valor de corriente por medio de la relación ($30\text{mv}=3000\text{Amp}$), el valor calculado es guardado en la memoria de datos, igualmente controla la etapa de comunicación RS-485, recibiendo en todo momento los datos enviados por el software, y respondiendo con los valores de corriente almacenado en su memoria, de esta manera este microcontrolador, es el elemento principal de la tarjeta.

Etapa de acoplamiento RS-485.- Acopla el nivel de tensión de TTL a niveles dados por la norma RS-485, que es una comunicación digital balanceada. De esta manera esta claro que la red de comunicación utilizada para este sistema, es una red eléctrica RS-485, además se utiliza un canal para recibir y un canal para enviar, cumpliendo con la característica de full duplex.

6. DESCRIPCION Y DESARROLLO DEL SOFTWARE

El software de visualización, fue diseñado enteramente bajo el software de programación LabVIEW 7, el diseño del sistema de visualización se enfoca a cumplir los siguientes requerimientos básicos:

- Visualización del estado de los voltajes de cada una de las celdas.

- Visualización de los valores de voltaje de cada una de las celdas.
- Visualización de los valores de corriente de las 4 baterías.
- Visualización de los valores de temperatura de las celdas pilotos.
- Gráficos en dos dimensiones de los valores históricos de voltaje por celdas y baterías.
- Grafico en dos dimensiones de los valores de corriente y temperatura.
- Configuración de las alarmas, para definir niveles mínimos y máximos en valores de voltaje
- Capacidad de imprimir reportes históricos y de valores actuales.

Se muestra un diagrama de uso de caso, donde se muestra los módulos componentes del programa de visualización, las llamas a cada uno de estos módulos son por eventos.

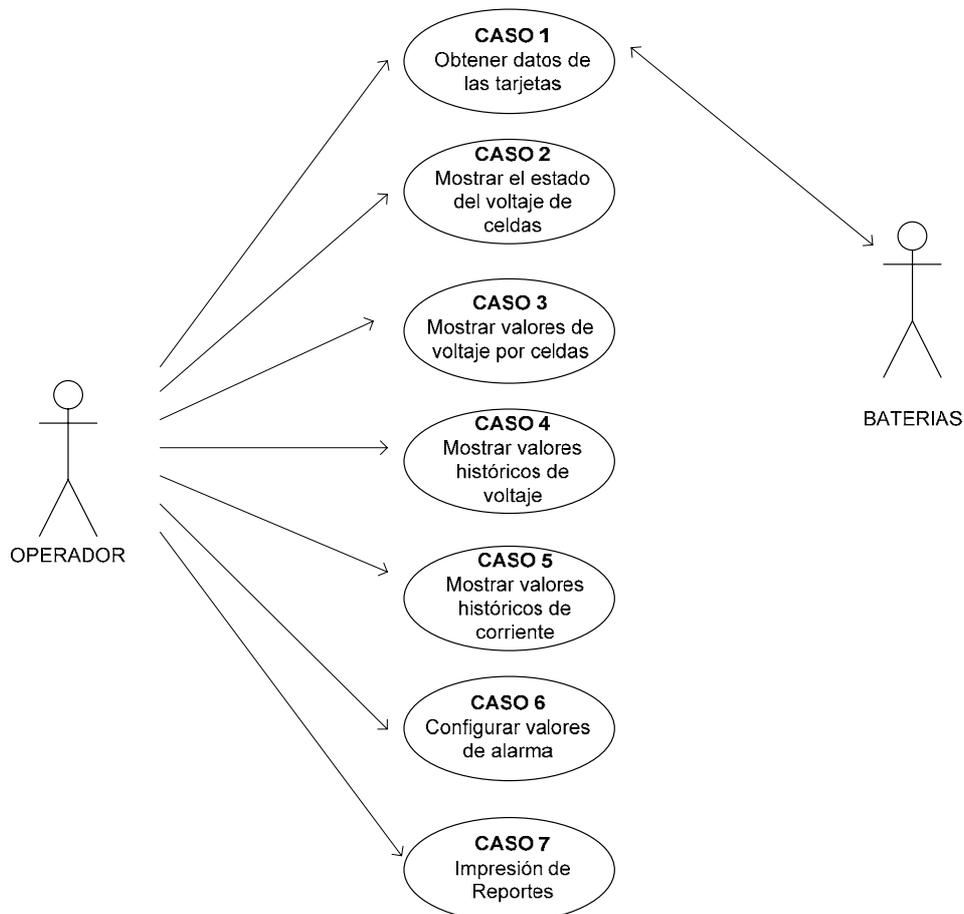


Figura 6.1. Diagrama de caso de usos

7. INTEGRACION EN EL BUQUE

Debido a que el proyecto debía cumplir la necesidad de uno de los buques de la armada, se pensó en la instalación y ubicación de los tableros. Los diseños de los tableros fueron enviados para su construcción a la empresa OTESA (actualmente SIEMENS). Mientras que los esquemáticos debidamente diseñados de las tarjetas prototipos y tarjetas finales fueron construidas en la empresa “PCB Express” ubicada en la ciudad de Cuenca.

Las tarjetas son construidas bajo normas de protección contra la corrosión, mientras que

los puntos de soldadura son esmaltados con platino, y todos los componentes en lo posible son con normas industriales.

Para la integración a bordo de la unidad, se necesito adquirir cables para aplicación naval, estos fueron construidos bajo pedido en la empresa CABLESA, se indica que los cables para aplicación naval por lo mínimo poseen un recubrimiento para evitar filtración de agua, utilizan materiales resistentes al calor, y poseen mallas para aislar el medio de forma electromagnética.

El computador usado como panel de visualización es construido bajo normas industriales por la empresa DFI de los Estados Unidos de América, la pantalla es sensible al tacto y su conexión con el sistema es mediante el puerto RS-232 que se conecta a un convertidor RS-485, debido a que el sistema de adquisición de datos se instala sobre una red RS485.

8. CONCLUSIONES

- El sistema de medición cumple con requerimientos de operación y fiabilidad, aptos para ser usados en ambientes robustos como en este caso particular a bordo de una unidad militar.
- Las tarjetas poseen una precisión de 1 bit del convertidor de análogo a digital, tanto para el parámetro de voltaje y corriente, representando en valores, 5mV y 5 amperios respectivamente.
- El sistema esta protegido contra posibles cortocircuitos, esto por que es posible que por operación de mantenimiento se cometa algún no premeditado cortocircuito entre terminales de las celdas.
- Actualmente el sistema desarrollado se encuentra operando con alto grado de fiabilidad y confiabilidad a bordo de uno de los submarinos de la Armada del Ecuador.
- El uso del software LabVIEW PARA fines de visualización y monitoreo es factible y fácil de programar, es posible ajustar y diseñar pantallas para toda aplicación particular o general.

REFERENCIAS

- [1] PICmicro™ Mid-Range MCU Family Reference Manual DS33023A de la empresa microchip.
- [2] Manual del microcontrolador PIC16F873 DS30292B, de la empresa microchip.
- [3] www.microchip.com
- [4] Manual de las baterías VARTA de la Armada del Ecuador.