

Diseño e implementación de un registrador de parámetros eléctricos para estaciones de monitoreo volcánico

Juan Albert Ramos, Javier Calderón, Gonzalo Borja

Observatorio Vulcanológico del INGEMMET, Arequipa, Perú - Autonomodgar26@ingemmet.gob.pe

Palabras clave: parámetros eléctricos, voltaje, corriente, SOH, registrador, estación de monitoreo, sistemas eléctrico fotovoltaico

INTRODUCCIÓN

El observatorio vulcanológico del INGEMMET cuenta con una red de telemetría compuesta por estaciones multiparamétricas de monitoreo volcánico y repetidoras, en las cuales se tiene instalada instrumentación útil para el monitoreo volcánico y equipos de radio enlace, todo este equipamiento es alimentado por energía eléctrica proporcionada por sistemas eléctricos fotovoltaicos, cada estación cuenta con dos sistemas eléctricos fotovoltaicos independientes que funcionan en paralelo, de manera que si, por alguna razón uno de ellos llegara a fallar, entra el otro sistema a alimentar la estación de manera automática.

Cada sistema eléctrico fotovoltaico consta de tres partes principales que son el panel solar que capta radiación solar y la convierte en energía corriente eléctrica, un controlador de carga que controla el nivel de carga y descarga de las baterías, y una batería que almacena la energía eléctrica generada por los paneles.

Planteamiento del problema

Aun si se tienen sistemas eléctricos fotovoltaicos independientes es difícil afirmar si uno de ellos ha fallado o cuál de los dos y más aún los motivos exactos del fallo, si no se tiene información del estado de salud, parámetros como los voltajes, corrientes de los componentes, este tipo de fallos resultan frecuentes en épocas de lluvias donde la radiación solar se ve afectada llegando a ser nula durante varios días, superando los días de autonomía ofrecidas por las baterías.

Si bien en época de lluvias no resulta complicado prever una reducción de la radiación solar no era

posible gestionar la energía según orden de prioridad, o el momento exacto en que racionar la energía eléctrica.

Por otro lado, aunque un problema no muy frecuente, es el fallo de algún equipo instalado, que siempre y cuando no sea un fallo grave, es posible solucionar con un reinicio forzado. Tampoco era posible programar el encendido de ciertos equipos que no requieren funcionar continuamente, solo por períodos de tiempo determinados.

Solución implementada

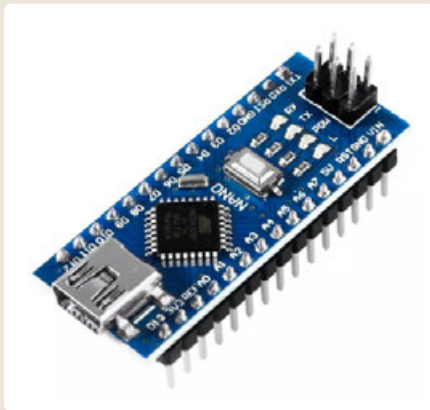
Ante los problemas mencionados se planteó diseñar e implementar un registrador que nos permita conocer los parámetros eléctricos como corrientes y voltajes de paneles solares y baterías, con esa información, el estado de salud del sistema, al mismo tiempo tener un registro y transmisión de datos en tiempo real, con un bajo costo de ancho de banda y bajo consumo de energía.

Así mismo el registrador debe permitir la gestión de la energía en una estación, es decir debe ser capaz de alimentar o cortar la alimentación a todos los instrumentos de una estación, excepto equipos de radio enlace, al mismo tiempo el registrador debe ser programable para encender o apagar un equipo determinado en tiempos determinados, otro detalle no menos importante es la regulación del voltaje, como se sabe el voltaje de una batería durante el proceso de carga y descarga varía entre 14v y 10v que son los voltajes de corte del controlador de carga, es decir cuando el voltaje llega a un valor aproximado de 14v desconecta el suministro del panel hacia la batería y cuando baja hasta 10v el controlador desconecta la batería de la carga, entonces el voltaje hacia la carga ha de ser regulado por este.

El protocolo seleccionado para la comunicación con el registrador es el RS232 ya que en la radio se cuenta con dos puertos seriales RS232 o RS485 y un puerto de red ethernet, estando disponibles solamente los puertos seriales, de los cuales ocuparemos uno.

Diseño

Para la implementación del registrador se tuvo que elegir una plataforma de desarrollo, actualmente existen innumerables plataformas de desarrollo, con distintas características y capacidades de memoria y procesamiento sin embargo la plataforma elegida es arduino debido a su bajo costo, capacidades de memoria Rom y Ram aceptables, y especialmente a que es la plataforma de desarrollo más difundida y con una comunidad amplia, esto facilita mucho el desarrollo de código fuente. La familia arduino está conformado por varios integrantes, entre ellos destacan el arduino UNO, que es el más difundido, el arduino MEGA, arduino DUE, etc. y sus pares reducidas como el arduino MINI y arduino NANO, para nuestra aplicación elegimos el arduino NANO debido a su pequeño tamaño y prestaciones iguales a un arduino UNO. La figura 1 muestra un arduino NANO.



► Fig. 1 - Arduino NANO

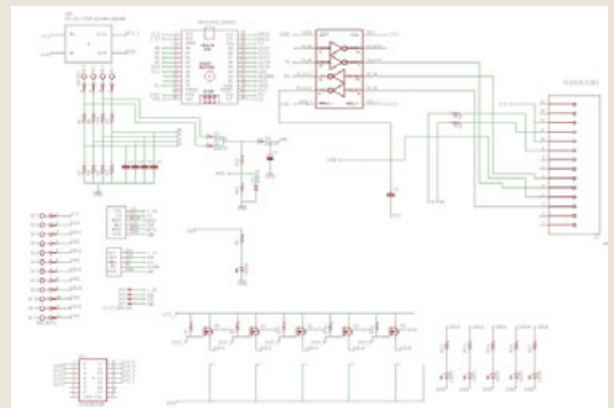
Luego debemos definir la cantidad de variables a leer, es decir voltajes y corrientes, teniendo dos sistemas eléctricos fotovoltaicos tendremos:

- Dos voltajes de panel
- Dos voltajes de baterías
- 2 corrientes.

Por lo tanto, se tendrá 4 entradas analógicas correspondientes a los voltajes, y para las corrientes se requerirá un ADC diferencial por lo tanto no se podrá usar las entradas analógicas de arduino, por eso usaremos el ADC ADS1115, debido a que se requiere medir corrientes de carga y de consumo, es decir corrientes en ambas direcciones.

Por estación se estiman hasta 5 equipos de monitoreo, por lo tanto, el registrador debe contar con 5 salidas de 12v sin caída de tensión, para ello se destinan 5 salidas del arduino que excitan un pre driver que es el ULN2003 y que a su vez activan los mosfet tipo P IRF9540, que actúan como un switch casi sin caída de tensión, con capacidad de manejar hasta 5Amp sin problemas.

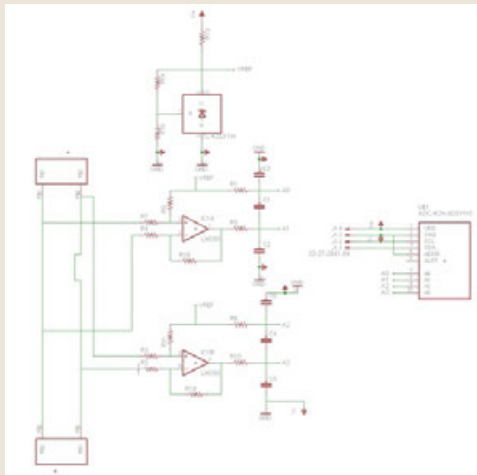
Luego para dotar de una base de tiempo se usa un reloj en tiempo real (RTC) DS3231, de muy buenas prestaciones, para la comunicación serial se usó un chip MAX232, el cual es un chip bastante usado, y accesible, la regulación de voltaje de salida hacia los instrumentos de monitoreo está dada por el convertidor DC-DC XL6009, y un lector de memorias micro SD para guardar el registro de la información de las lecturas hechas por el registrador. La figura 2 muestra el esquema eléctrico del registrador.



► Fig. 2 - Esquema de registrador de parámetros eléctricos.

El sensor de corriente, como se mencionó anteriormente, se basa en un convertidor ADC ADS1115, el cual es un ADC de 16 bits de resolución y 4 entradas single ended o 2 entradas diferenciales, para nuestro caso nos valdremos de la configuración

de las dos entradas diferenciales, sin embargo, a pesar de que el ADC tiene amplificadores programables y podría usarse directamente, no es lo recomendable debido a que las entradas pueden resultar dañadas y por ende el mismo ADC, es por ello que optamos por usar un amplificador operacional en configuración de amplificador diferencial, con esto conseguimos mejor resolución de lecturas de corriente y también asegurar al ADC de daños causados por conexiones inapropiadas y/o accidentales. La figura 3 muestra el esquema del sensor de corriente, la comunicación del sensor de corriente con el arduino es a través del protocolo I²C.



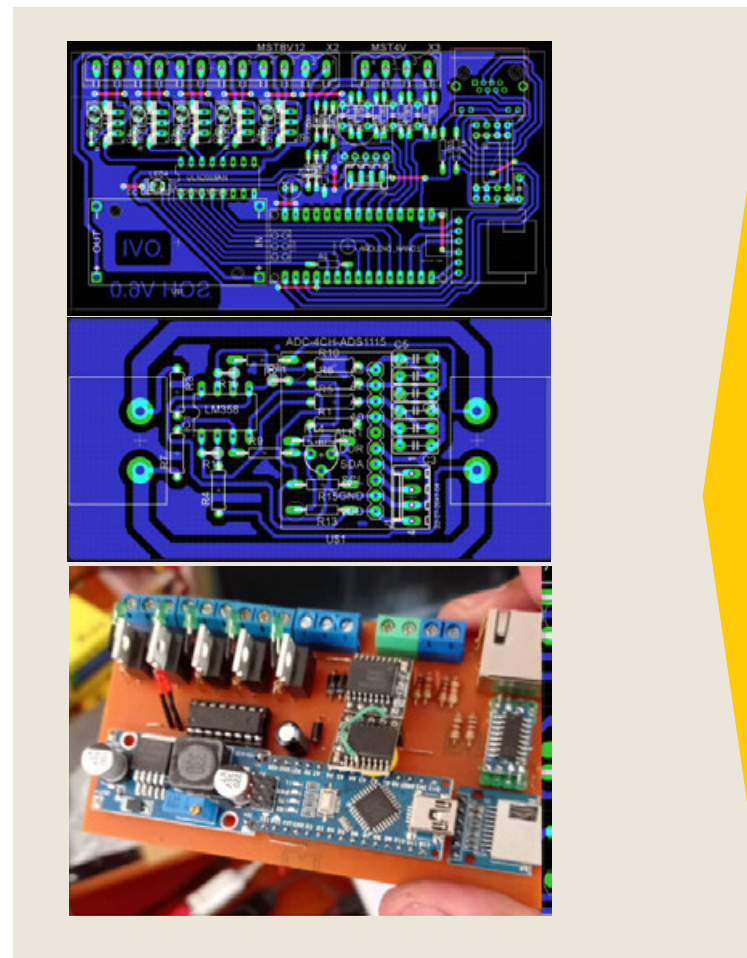
► Fig. 3 - Esquema del sensor de corriente.

Implementación

Para implementar el registrador se diseñó primeramente la placa para circuito impreso PCB, esto se hizo en el software EAGLE v6.3, la figura 4 muestra el resultado del diseño en Eagle del registrador y la figura 5 muestra el diseño del sensor de corriente, luego con los archivos gerber generados es posible cargarlos a una fresadora CNC con la cual realizamos la placa PCB.

La CNC te entrega una placa con las pistas y espacios realizados y con los agujeros a su medida y en sus lugares, solo que montar los componentes, y cargar el código fuente.

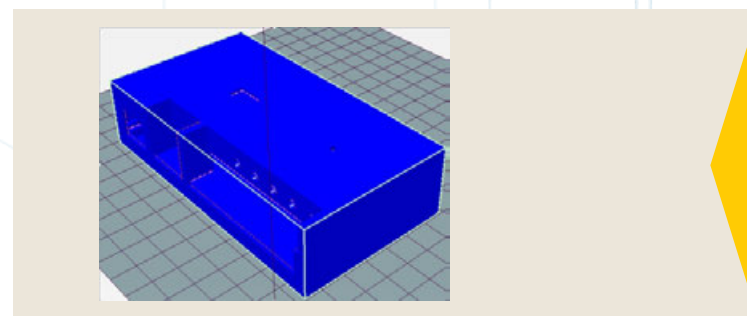
La figura 6 muestra el registrador con componentes montados.



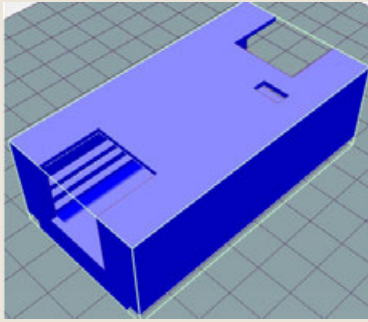
► Fig. 4 - Registrador de parámetros eléctricos montado.

El código fuente fue desarrollado en el software arduino IDE, cabe mencionar que el puerto de comunicación del registrador es el mismo usado para la programación o carga del código fuente desarrollado.

Se diseñó una carcasa para darle consistencia y seguridad a la placa y poder manejarla con confianza, el diseño se hizo en AutoCAD y se mandó a una impresora 3D mediante el software REPETIER.



► Fig. 5 - Caja de registrador de parámetros eléctricos.

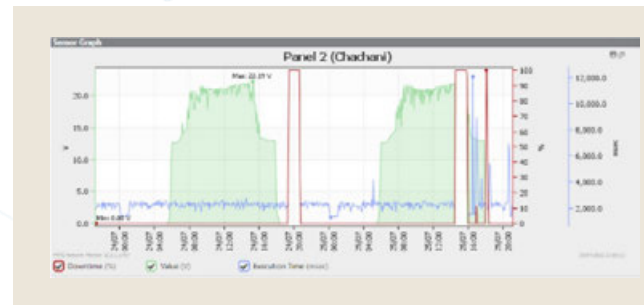


► Fig. 6 - Caja de sensor de corriente.

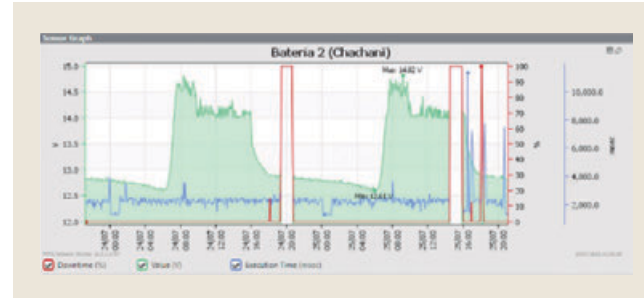
Resultados

La recolección de datos se hace con el software PRTG, que es un software de monitorización proactiva de red capaz de monitorear en tiempo real sistemas dispositivos y aplicaciones, que hace una petición de datos cada minuto a través de una conexión telnet a través de la red de telemetría utilizando la dirección IP de la radio donde se conecta el registrador, y guarda un registro y muestra los datos gráficamente. Las siguientes figuras muestran las gráficas obtenidas de la instalación de unos de los sistemas eléctricos fotovoltaicos de la estación Chachani.

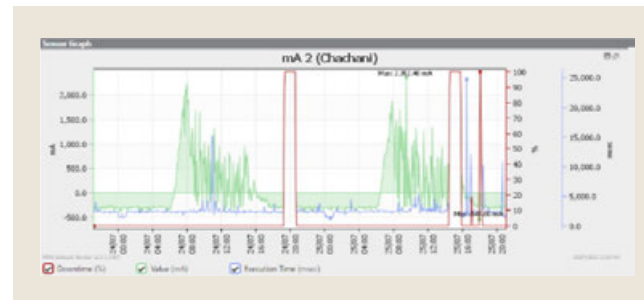
La figura 7 muestra la señal característica del voltaje de un panel solar, la figura 8 muestra la señal característica del voltaje de una batería, la figura 9 muestra la señal característica de la corriente, y la figura 10 muestra la señal característica de carga y descarga de una batería.



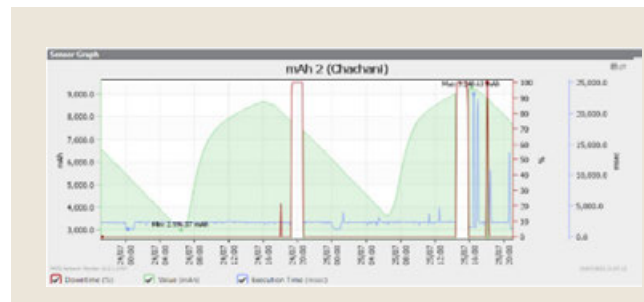
► Fig. 7 - Señal de voltaje panel solar.



► Fig. 8 - Señal de voltaje de batería.



► Fig. 9 - Señal de corriente de batería.



► Fig. 10 - Señal de corriente de batería.

CONCLUSIONES

- El registrador nos permite conocer los parámetros eléctricos de los sistemas fotovoltaicos en tiempo real, con esta información es posible determinar el comportamiento de las baterías, paneles solares, controladores de carga y el consumo de los equipos de monitoreo.
- El registrador nos permite gestionar la energía de manera que podamos dar prioridad a equipos cuya información sea más relevante y prescindir de otros equipos en épocas donde la radiación solar escasea y por ende la energía disponible.

- ▶ El registrador nos permite forzar reinicios remotamente de equipos que por alguna razón desconocida salen de funcionamiento, en el pasado ese problema se resolvía yendo hasta el lugar y forzar el reinicio.
- ▶ Nos permite también establecer encendidos y apagados programados muy útil para equipos como el DOAS.

TRABAJOS FUTUROS

El registrador se ha convertido en parte primordial de una estación de monitoreo, teniendo una constante evolución, por ello se plantean las siguientes mejoras.

- ▶ Cambiar el protocolo de comunicación a RS485, el cual es un protocolo industrial, que permite la conexión de muchos instrumentos por un solo bus.
- ▶ Cambiar la plataforma de desarrollo por una de la familia ESP32 debido a que la capacidad de la memoria ROM del arduino NANO llego a su límite.
- ▶ Agregar un modulador y demodulador FSK para medición remota de temperatura de baterías montando la señal en los cables de alimentación.
- ▶ Agregar funciones extras en el firmware.

REFERENCIAS

- ▶ Alonso, N.O. (2013). Redes de comunicaciones industriales. Editorial UNED Tobajas, M.C. (2020). Energía solar fotovoltaica. ECOE ediciones Ltda
- ▶ Artero, Ó.T. (2013). ARDUINO. Curso práctico de formación. RC libros