

Instrumentación y telemetría para un Electratorón

CRUZ-JIMENEZ, Braulio*†, MONTAÑEZ-RUFINO, Mirtha, QUIJANO-CETINA, Renan y CASTILLO-ATOCHE, Alejandro

Universidad Autónoma de Yucatán

Recibido Enero 04, 2016; Aceptado Marzo 11, 2016

Resumen

El Electratorón es un vehículo eléctrico de mínimo tres ruedas. Posee dimensiones similares a un kart (250 x 200 cm como máximo), pero es impulsado por un motor eléctrico y batería de plomo ácido de tipo comercial. Este tipo de vehículo no puede superar los 45 kg de peso y su enfoque consiste en fungir como herramienta pedagógica que permita a los estudiantes desarrollar categorías más sofisticadas en el futuro. En este artículo se presenta un sistema de instrumentación electrónica y telemetría para un vehículo eléctrico tipo Electratorón, el cual permite, tanto al piloto como a su escudería, conocer el rendimiento de las baterías y tomar decisiones durante su recorrido. El vehículo llamado "Balam I" fue construido para participar en las competencias del circuito serial "Toyota-Electratorón". En cuanto a rendimiento se refiere, se recolectan datos como la velocidad alcanzada por el vehículo, la demanda de corriente del motor, así como el voltaje y la temperatura en las baterías en tiempo real.

Electratorón, instrumentación, telemetría, voltaje, corriente

Abstract

The electratoron is an electric vehicle, at least three wheels. It has similar dimensions to a kart (250 x 200 cm maximum), but is driven by an electric motor and commercial lead acid battery. This type of vehicle cannot exceed 45 kg and its focus is to serve as a teaching tool that allows students to develop more sophisticated categories in the future. This article describes a system of electronic instrumentation and telemetry for an electric vehicle type electratoron, which allows both the driver and his team, knowing the battery performance and make decisions during the race. The vehicle called "Balam I" was built to participate in the competitions of the serial circuit "Toyota-electratoron". As regards performance, data such as speed reached by the vehicle, the motor current demand and real-time voltage and temperature in the batteries are collected.

Electratoron, instrumentation, telemetry, voltage, current

Citación: CRUZ-JIMENEZ, Braulio, MONTAÑEZ-RUFINO, Mirtha, QUIJANO-CETINA, Renan y CASTILLO-ATOCHE, Alejandro. Instrumentación y telemetría para un Electratorón. Revista de Energía Química y Física 2016, 3-6: 23-30.

*Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: braulio.cruz@correo.uady.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor

Introducción

En México, desde principios de los años 90's, se crearon las primeras escuderías dedicadas al diseño y construcción de vehículos tipo Electratorón y en 1995 se lleva a cabo el primer campeonato nacional.

El Proyecto Electratorón México promueve la categoría Formula Electratorón Experimental (F/Ex). Esta categoría se conforma por vehículos eléctricos en su mínima expresión, optimizados y simplificados al máximo. De esta forma, su construcción es relativamente sencilla y bastante económica, por lo cual funciona como la herramienta pedagógica ideal para que los estudiantes se familiaricen con la tecnología de los vehículos eléctricos [1].

El sistema de instrumentación y telemetría que aquí se presenta ha sido desarrollado para el vehículo eléctrico "Balam I" previamente construido con el objetivo de participar en las competencias del circuito serial "Toyota - Electratorón". Este vehículo es de 93 cm de alto, 2.28 m de ancho y 1.22 m de largo, alcanza una velocidad máxima de 35 Km/h, necesita de 24 V de carga, pesa 130 kg, cuenta con un motor de 3.33 HP y su relación de transmisión es de 15:44.

El dispositivo que se desarrolló es capaz de medir los siguientes parámetros en el "Balam I": corriente en el motor, temperatura y voltaje en las baterías y velocidad del vehículo. La importancia de cada una de éstas variables mencionadas se describe en los siguientes párrafos.

La corriente en el motor permite determinar fallas mecánicas o cortocircuitos, dado que cuando se presentan estos casos se produce una fluctuación en el valor nominal de la corriente.

La temperatura y voltaje en las baterías permite estimar el estado de carga de las baterías, así como detectar algún posible fallo que provoque un incremento en la temperatura. De igual manera, estos datos servirán para identificar la distancia que se puede recorrer y el tiempo que las baterías se mantienen cargadas.

La velocidad ayuda al cálculo de la eficiencia del vehículo ya que dará a conocer la aceleración del mismo, así como también ayudará a identificar cuál es el consumo de corriente a cierta velocidad.

Obtener la información referente a los parámetros de medición propuestos en tiempo real y con un sistema de adquisición de datos confiable resulta de gran interés para el monitoreo y control del desempeño de un vehículo eléctrico, como el Balam I.

En la actualidad es frecuente el uso de los sistemas de telecomunicaciones para la transferencia de información de los sistemas de adquisición de datos mediante el uso de redes móviles, las cuales permiten al usuario desplazarse a través de un área de cobertura que se extiende a varios kilómetros sin la necesidad del uso de cables [2].

El enfoque de las telecomunicaciones para redes móviles se ha dirigido al uso de equipos que permitan la transferencia de datos entre los dispositivos, llamadas y mensajes a distancia [3].

Así, el sistema de telemetría desarrollado, utiliza la tecnología GPRS para la transmisión de la información recabada por los sensores, la cual puede ser consultada de manera remota por los integrantes de la escudería.

La conjunción de las telecomunicaciones con los sistemas de adquisición de datos provee flexibilidad para el usuario, ya que permite el monitoreo de equipos a distancia que recolectan información del entorno, los cuales son enviados a una base de datos y visualizados en una estación central [4].

Desarrollo

Debido a la necesidad de conocer ciertos aspectos del desempeño del vehículo “Balam I”, como la demanda energética, la duración de las baterías y el efecto de la temperatura en el desempeño, se implementó un sistema de adquisición de datos con el objetivo de utilizar la información obtenida para considerar mejoras futuras. La elección de un sistema fijo de adquisición de datos inalámbrico en comparación con uno portátil surge por la necesidad de almacenar los datos en forma masiva y no depender de una memoria estática de capacidad limitada, así como facilitar la extracción de los datos. Para el sistema de adquisición es recomendable que los datos no permanezcan almacenados en el vehículo ya que pueden perderse en caso de accidente.

La tecnología GPRS fue elegida para la transmisión de los datos de manera inalámbrica ya que proporciona gran flexibilidad. Para el almacenamiento, manipulación y análisis de los datos se utiliza un servidor web, el cual funge como receptor para ingresar la información proveniente del vehículo en una base de datos y ejecuta la aplicación de una interfaz de usuario para la representación de la información tomada de la misma [4].

Las variables a medir en el Balam I son: velocidad, corriente, temperatura y voltaje. Para tener una lectura precisa de estos datos es necesario conocer las especificaciones de los sensores y acondicionar su salida para conectarlas al sistema de adquisición de datos.

Finalmente, los sensores son sometidos a un proceso de caracterización para comprobar la calibración de los mismos, después de la etapa de acondicionamiento.

Medición de velocidad

En el entorno eléctrico del “Balam I” los elementos involucrados para la caracterización de la velocidad son: las baterías, el motor y el controlador de carga que es el encargado de regular la corriente que demanda el motor para aplicar mayor o menor velocidad. La aceleración que alcanza el motor del “Balam I” es de 330 a 385 revoluciones por minuto (rpm), lo que equivale a una velocidad de entre 30 y 35 km/h aproximadamente.

El sensor utilizado para medir la velocidad es el PT1504-6B que es un fototransistor NPN de alta velocidad de respuesta y alta sensibilidad. Para su funcionamiento necesita la colocación de un fotodiodo (Fotodiodo infrarrojo IR383) en frente, ya que cuando el fotodiodo incide directamente sobre el fototransistor, éste entra al estado de saturación provocando una señal en estado bajo (tensión cercana a cero volts, $V_{CE} \approx 0$).

Por el contrario, cuando ocurre una interrupción entre ambos, el fototransistor entra en estado de corte lo que provoca una señal en estado alto ($V_{CE} \approx V_{CC}$). Mediante la lectura de estos pulsos se conoce la frecuencia y es posible mediante programación calcular la velocidad.

En la Figura 1 se presenta el modelo de instrumentación del sensor para la lectura de la velocidad.

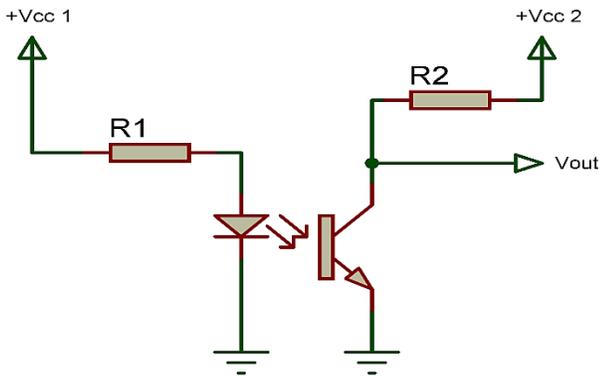


Figura 1 Diagrama esquemático del sensor de velocidad

El sensor PT1504-6B del módulo de adquisición de la velocidad es colocado cerca del neumático del BEV Balam I que mediante las interrupciones generadas por el rin hace variar la señal que es leída por el Arduino Mega2560.

Medición de corriente

El sensor de efecto Hall ACS758 es un dispositivo que permite la lectura de corriente, tanto alterna, como directa en ambas direcciones. Su salida es un voltaje proporcional a la corriente de entrada y sus características más relevantes se presentan en la Tabla 1.

Características del ACS758		
Rango	Sensibilidad	Error
±200A	10mV/A	1.20%

Tabla 1 Características principales del sensor ACS758

En la Figura 2 se presenta el modelo de instrumentación del sensor para la lectura de la corriente. La resistencia R1 y el capacitor C1 forman un filtro pasabajos pasivo para eliminar ruido que pudiera salir del sensor analógico.

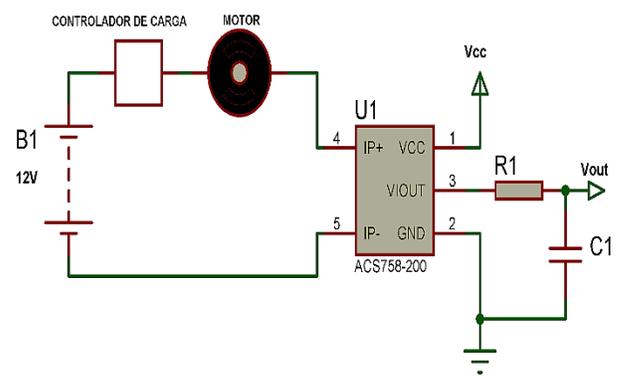


Figura 2 Diagrama esquemático de la conexión del sensor ACS758

Medición de voltaje y temperatura

Para la medición de voltaje se utilizó un divisor de tensión resistivo, de tal manera que se pueda atenuar el voltaje para poder ser leído por el canal analógico del microcontrolador. Después del divisor de voltaje y antes de llegar al microcontrolador, es necesario proporcionar un aislamiento galvánico con el propósito de evitar que la corriente de las baterías se induzca a través del circuito de medición y dañe algún componente del sistema.

El circuito integrado ACPL-782t fue seleccionado para aislar las etapas de medición y potencia, debido a sus características y bajo costo. El ACPL-782t utiliza como principio de aislamiento un medio óptico y entrega una salida analógica en voltaje diferencial, proporcional al voltaje de entrada. El circuito se alimenta con dos fuentes aisladas, de hasta 5.5 VDC y requiere de un amplificador operacional para entregar una salida simple al microcontrolador. En la Figura 3 puede observarse el diagrama esquemático del circuito para la medición del voltaje.

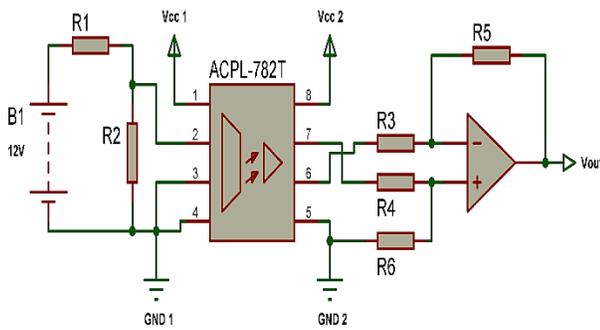


Figura 3 Diagrama esquemático del circuito para la medición de voltaje

Al excederse la demanda de la corriente o al tener un mal funcionamiento en las baterías, se genera un aumento en la temperatura sobre las terminales y el cuerpo del acumulador, ocasionando un incremento en la resistencia interna y variación en el voltaje de salida de la batería [5]. Por tanto, al monitorear la temperatura de las baterías se podría detectar variaciones en la tensión de suministro del motor, alteraciones en la resistencia interna de la batería y en general, un mal funcionamiento en el sistema eléctrico.

Para medir la temperatura se utilizó el termómetro digital DS18B20 (las características se observan en la Tabla 2) que permite un monitoreo constante con un rango de entre -55 y 125 °C. Este sensor envía los datos de la temperatura registrada mediante el protocolo de comunicación serial OneWire al microcontrolador de la tarjeta de desarrollo Arduino Mega2560.

Características del DS18B20		
Rango (°C)	Exactitud	Resolución
-55 a 125	±0.5 °C	12 bit

Tabla 2 Características principales del sensor de temperatura DS18B20

En la Figura 4 se presenta el circuito esquemático para la medición de temperatura, donde se observa tres sensores; dos colocados en cada una de las terminales de la batería y uno más pegado al cuerpo de la misma.

Los tres sensores DS18B20 (Figura 5) están conectados en modo “parásito”, lo cual significa que no requieren alimentación positiva conectada directamente a su terminal VCC. Un capacitor interno se carga durante el periodo de lectura de datos del sensor a través de una resistencia conectada en configuración pull-up y eso es lo que utiliza para energizarse.

También cabe destacar que el protocolo serial de transmisión de datos OneWire permite la conexión de varios sensores sobre un solo hilo de comunicación a manera de Bus, teniendo cada sensor un identificador único proporcionado por el fabricante.

Los sensores traen una calibración de fábrica muy precisa, por lo que únicamente se corrobora esta calibración con un sensor patrón para asegurar la precisión de las lecturas de temperatura.

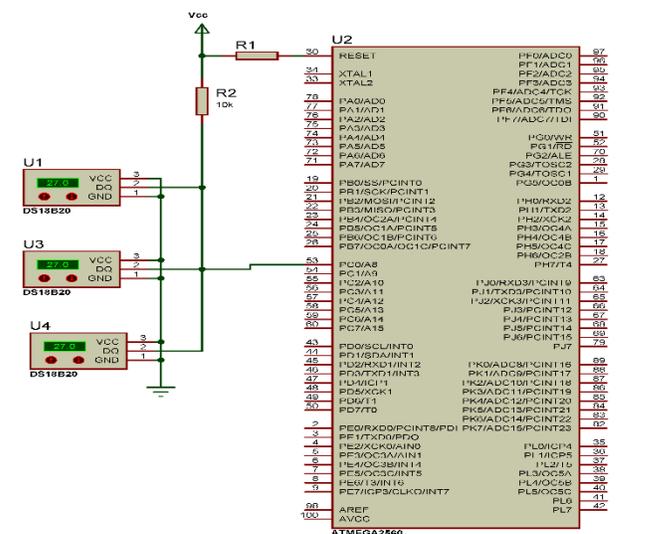


Figura 4 Diagrama esquemático de la conexión de los sensores DS18B20 al microcontrolador

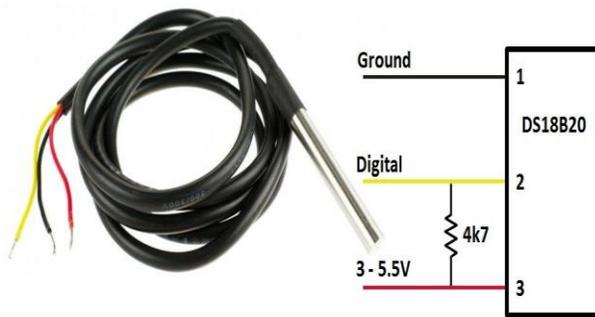


Figura 5 Imagen de un sensor de temperatura DS18B20, encapsulado

Resultados

En esta sección se presenta las tarjetas electrónicas desarrolladas para la medición de las diferentes variables comentadas en el apartado anterior. También se muestra la interfaz gráfica en la que se despliegan los datos, una vez que han sido procesados por el microcontrolador y enviados vía GSM.

Se decidió crear un circuito independiente para cada módulo de medición para reemplazarlo fácilmente en caso de fallo y/o actualización. Esto permite a la herramienta ser flexible ya que no depende de un sistema complejo sino de varios sistemas sencillos intercambiables.

En la Figura 6 se visualiza el módulo desarrollado para la medición de voltaje y corriente, con todos los componentes necesarios para el acondicionamiento de las señales analógicas, tal como se muestra en los circuitos esquemáticos de la sección 2.

Se puede observar el uso de bornes que soportan hasta 150 Amperes de corriente directa. Para la conexión se necesita abrir el circuito ya que la medición se realiza sobre una línea del motor.

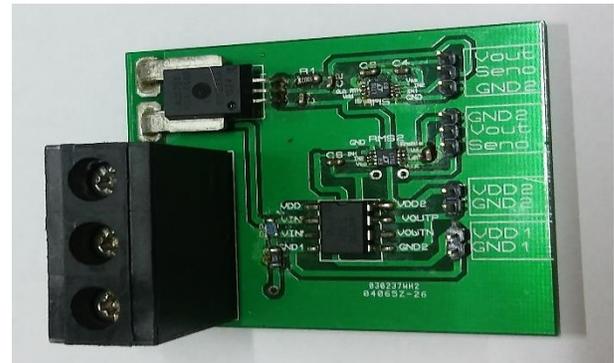


Figura 6 Tarjeta electrónica para medición de voltaje y corriente

En la Fig. 7 se aprecia el interior del sistema completo de adquisición de datos, incluido el módulo GPRS integrado.



Figura 7 Interior del módulo de adquisición de datos

En la Figura 8 se presenta el módulo de adquisición de datos en su etapa final con sus respectivas conexiones sobre el BEV Balam.



Figura 8 Sistema de adquisición de datos montado en el Balam-I

El desarrollo de la base de datos se generó en dos columnas para facilitar el almacenamiento y despliegue de la información, ya que permite el manejo individual de las tablas para cualquier modificación en las mismas permitiendo flexibilidad al sistema de almacenamiento de la información.

Es necesaria la correcta recepción de los datos por parte del servidor ya que mediante comandos es almacenada la información en la base de datos. Después que el módulo GPRS envía la información, el servidor la separa y almacena. La información tarda en promedio 10 segundos desde la toma de los datos en el sistema de adquisición hasta el almacenamiento de los mismos.

Se diseñó una interfaz web para visualizar la información obtenida de los sensores en forma de gráficas.

El objetivo principal de la página web es el despliegue de la información almacenada en la base de datos, la cual se actualiza automáticamente cada 20 segundos. En la Figura 9 se muestra el diseño de la página web.

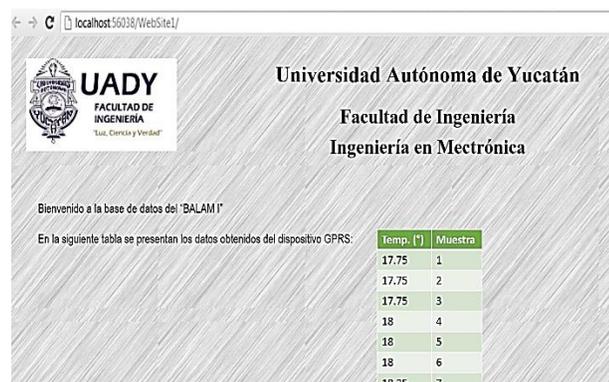


Figura 9 Captura de pantalla sobre el diseño de la página Web

Discusión

Por medio de gráficas se presenta la información almacenada en la base de datos. Las gráficas se realizaron para facilitar el análisis, la interpretación y la relación de los parámetros presentados en forma simple y concisa.

En el Gráfico 1 se presenta las gráficas de corriente y temperatura. La temperatura como se observa en la gráfica se mantuvo constante entre 15 y 20 grados centígrados a lo largo del muestreo, lo que significa que el desempeño del vehículo no se vio afectado por la temperatura. También se puede notar que la corriente tuvo altas y bajas durante las mediciones, sin embargo, visualizando las dos gráficas que se presentan, para los valores de corriente próximos a 10 A no hubo cambios considerables en la temperatura.

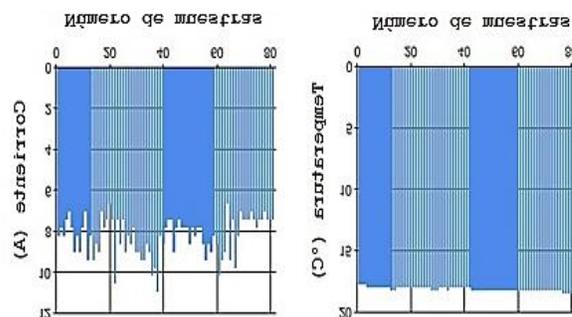


Gráfico 1 Gráficas de corriente y temperatura.

En la gráfica de velocidad y corriente mostrada en el Gráfico 2 se muestra que los valores de la corriente fluctúan independientemente de la velocidad, aunque sí presentan un incremento transitorio cuando se presenta un cambio en la velocidad.

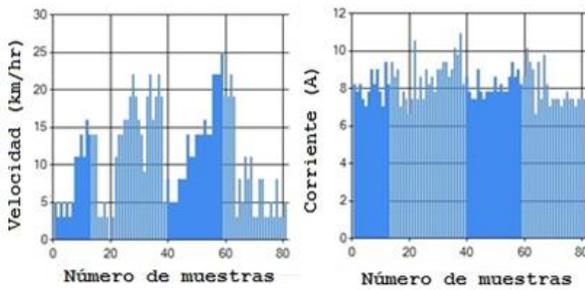


Gráfico 2 Gráficas de corriente y velocidad tomadas de la página web

La información expresada en las gráficas anteriores proviene de la base de datos que se generó con los datos obtenidos de los sensores, permitiendo analizar el comportamiento del BVE “Balam I”, así como también identificar los factores que influyen en su desempeño.

Conclusiones

El vehículo eléctrico plantea ventajas desde el punto de vista de uso en las ciudades, debido a su capacidad de atender las demandas actuales de movilidad urbana de manera más eficiente y sostenible en términos de consumo energético.

Por lo tanto, disponer de una herramienta que nos permita conocer el desempeño de un vehículo eléctrico es importante sobre todo en la etapa de desarrollo, ya que sirve de retroalimentación respecto a los componentes que no están operando eficientemente.

Dicha herramienta también nos permite evaluar el consumo energético, ya que, al medir las variables de voltaje y corriente, podemos estimar su potencia máxima y su autonomía.

Referencias

1. Electrón México. (2016). Obtenido de <http://electraton.com.mx/>
2. Chan C., Wong Y. “The State of the Art of Electric Vehicles Technology”. Proceedings of the IEEE, Vol. 90, No. 2, 2002, pp. 46-52.
3. I. Javier, “Sistema de Monitoreo de Baterías en Cabina para un Vehículo de Tracción Eléctrica”, Tesis de Licenciatura para Ingeniería Civil Electricista, Ingeniería Civil Electricista, Santiago de Chile, 2004.
4. Chen Xiaorong, Shi Zhan, et al. “Research on Remote Data Acquisition System Based on GPRS”. University of Shanghai for Science and Technology Shanghai, 2007, pp. 1 – 3.
5. Gómez Mauricio, Miranda José, et al. “Design and Development of Application Software System for the Acquisition and Storage of Local and Remote Data for Mobile Applications using TCP/IP protocols and GPS/GPRS services”. Proceedings of the 16th International Conference on Electronics, Communications and Computers, 2006, pp. 1 – 5. En México, desde principios de los años 90’s, se crearon las primeras escuderías dedicadas al diseño y construcción de vehículos tipo Electrón y en 1995 se lleva a cabo el primer campeonato nacional.