

ANEXOS

CAPITULO I

Todo el sistema inalámbrico de monitoreo de energía eléctrica para el robot bípedo Bioloid se compone de un sistema hardware, un sistema software y pruebas de estos dos sistemas anteriores. Para el sistema hardware primero se diseñó y probó un circuito electrónico que cumple la función de censar con precisión magnitudes físicas de voltaje y corriente DC, después de verificar este circuito sensor, se diseñó en un software de simulación de circuitos electrónicos para poder ser Implementado en una Tarjeta de Circuito Impreso. Con la contribución del sistema hardware instalado a bordo del robot humanoide específicamente en su espalda, se puede censar/detectar/muestrear con precisión y transmitir inalámbricamente por Bluetooth valores RMS en tiempo real de voltaje y corriente que se drenan de los terminales de la batería del bípedo; Se busco un lugar en la región dorsal del robot para poner el sistema hardware, una Tarjeta de Circuito Impreso pequeña que encaje con precisión y firmeza para ser atornillada en la espalda del robot bípedo. Después de terminar el sistema hardware que va implantado en el robot Bioloid Premium Kit, se desarrolló el sistema software programando una aplicación de escritorio (Interfaz Gráfica de Usuario GUI) en Matlab para monitorizar en tiempo real valores eléctricos de voltaje y corriente drenados de los terminales de la batería mientras realiza sus marchas, la contribución del sistema software permitirá recibir los valores RMS de voltaje y corriente transmitidos por Bluetooth desde el sistema hardware, logrando posible un enlace de comunicación unidireccional entre el robot y el computador, en la Interfaz Gráfica de Usuario se hallan valores RMS de potencia y energía eléctrica gastada a partir de los valores RMS de voltaje y corriente censados en la batería del robot bípedo RMS, en total se podrá visualizar en la GUI valores de cuatro magnitudes físicas: voltaje, corriente, potencia y energía eléctrica que son medidas de rendimiento y consumo de energía eléctrica DC, además se elige y observa en la GUI el puerto virtual COM asociado a la comunicación por Bluetooth que se establece entre Robot/PC para empezar el proceso de Tx/Rx de los valores RMS de voltaje y corriente. Finalmente se compara y concluye el gasto de energía eléctrica para una trayectoria de marcha para tres velocidades diferentes, con este sistema de monitoreo se aporta una herramienta precisa para la visualización del consumo de energía eléctrica en tiempo real para robots bípedos que usen la caminata humana en robots bípedos.

Planteamiento del problema

Los avances históricos en la electroquímica tienen un hecho sin precedente a inicios del siglo XIX, cuando Alessandro Volta patenta la batería, esta teoría relaciona la descomposición de elementos químicos con corriente eléctrica [9]. Posteriormente surgieron adelantos tecnológicos que lograron optimizar el rendimiento, peso y tamaño de las baterías DC (Direct Current). En la actualidad cada vez más es frecuente el uso e implementación de baterías fabricadas con litio (Li), son una excelente opción para guardar energía y drenar corriente, esto se logra gracias al uso de materiales semiconductores de fácil polarización eléctrica como son los polímeros de litio (LiPo) e iones de litio (Li⁺), este último tienen un mayor rendimiento en el proceso de almacenamiento de energía comparado con los polímeros de litio. Las baterías LiPo se usan en aplicaciones de alto requerimiento de potencia y densidad de energía, tienen una característica importante que mide el rendimiento en la distribución equitativa de la carga eléctrica en las celdas, el equilibrio eléctrico y balance de cargas no son fáciles de realizar evidenciando un cambio de temperatura y rendimiento en el material de la batería. Las desventajas que presentan las baterías LiPo son

variaciones de energía como sobrecargas, cambios de volumen en la forma y descarga crítica del polímero de litio

El problema de poco almacenamiento de energía eléctrica o energía eléctrica finita en un robot, se comparte y hereda a los robots móviles usados en la exploración planetaria, robots estáticos usados en automatización industrial y robots bípedos o humanoides, además comprenden otras limitaciones técnicas como peso, volumen, poco almacenamiento de datos, cobertura de comunicaciones inalámbricas, procesamiento de datos y retardos en las señales recibidas [8]. Toda la telemetría de los robots móviles con ruedas (Rovers) se envía al planeta tierra por láser o radiofrecuencia, a través de una estación repetidora en órbita o estación terrena receptora fija, la telemetría desde el espacio exterior comprende construcción de imágenes 2D a 3D para establecer un camino seguro, esto implica problemas de consumo alto de potencia (100w) para velocidades altas de transmisión de datos superiores a 1Mbits/s [9] [8]. A diferencia de los Rovers los robots humanoides tienen una distancia de cobertura de enlace mucho menor, mejorando en cierta medida la economía energética del robot bípedo, pero el gasto de energía eléctrica de la batería está ligado a la cantidad de actuadores que intervienen en la locomoción bípeda, sistemas de control, sensores y sistemas de comunicación inalámbricos.

Las baterías como fuente de alimentación de robots bípedos, móviles, estáticos, etc. Brindan movilidad, independencia de cables y comunicación remota, para ser monitorizados en tiempo real o instantáneo por técnicas de censado. Los sensores de una red de monitoreo fueron diseñados para cumplir un papel importante en el registro y cambio de estado lógico en robots móviles, dando la capacidad de medir e inferir variables físicas. Los avances tecnológicos recientes en sensores, aumentaron la eficiencia en precio, tamaño y consumo de potencia para poder ser utilizados a gran escala en aplicaciones de detección remota [6]. La trayectoria de marcha que sigue un robot es medida por giroscopios, acelerómetros, sensores y cámaras que tienen que lidiar con problemas de consideraciones de energía eléctrica, cobertura de comunicación, privacidad, movilidad, fiabilidad, capacidad de almacenamiento, procesamiento, ancho de banda y factores de calidad en el enlace de comunicación inalámbrico del robot [7]. En las últimas décadas, la necesidad de medir y enviar datos remotamente en la robótica, fue una consecuencia evolutiva de la exploración planetaria, pero en la actualidad existe un problema muy importante en limitaciones técnicas de baja producción de energía eléctrica en la batería para la transmisión/recepción de señales de datos, en cualquier área en donde se aplica la robótica, en especial los robots humanoides o bípedos.

La nanotecnología con la miniaturización de la electrónica intenta controlar el problema complejo de consumo de energía eléctrica en la batería de un robot humanoide, actualmente existen actuadores de tamaño y peso reducido, con rendimiento igual o superior a la tecnología anterior de actuadores, para satisfacer problemas de consumo energético, estos nuevos, eficientes, livianos y pequeños actuadores poseen dos ventajas al momento de ser puestos en los tobillos de un robot bípedo: la primera ventaja consiste en la disminución del peso del robot, la segunda ventaja es que el actuador funciona con menos energía eléctrica, pero tiene una desventaja de inestabilidad cuando camina por usar menos energía eléctrica en los actuadores de los tobillos [5]. Para compensar esta desventaja de inestabilidad en la técnica de marcha y lograr que el robot no se caiga, se utiliza un mecanismo de realimentación de control, que usa el movimiento del cuerpo y el balanceo de la pierna del robot bípedo, para compensar la inestabilidad causada por un tobillo débil [5].

Existen varios sistemas relevantes en el consumo de potencia eléctrica en un robot humanoide, en especial los sistemas de comunicación inalámbrica y estabilidad gastan energía eléctrica de la batería del bípedo para transmitir datos inalámbricamente y caminar respectivamente, mientras sigue su trayectoria de marcha monitorizada por sensores implantados en el robot bípedo.

CAPITULO III

Además del prototipo 1 y 2 que se construyeron y mencionaron en la monografía del proyecto, también se realizaron otras dos versiones del sistema embebido del proyecto, estos dos primeros prototipos se construyeron con técnica CNC para diseño de pistas e islas, así como el diseño de plano a tierra en la superficie de cobre de la baquelita. El problema de calibración de la maquina o impresora 3D que utiliza el software CNC es algo que requiere tiempo mientras se realizan pruebas de fresado y lijado en la superficie de cobre de una baquelita, primero hay que calibrar por software la profundidad o distancia de superficie de trabajo de la maquina 3D con el taladro, para lograr la calibración de la profundidad de lijado en el eje vertical 'z' y el inicio en los ejes 'x' y 'y' del grabado del dibujo en la placa de circuito impreso, en la figura 1 se observan las pruebas echas para tres profundidades distintas, las pruebas fueron realizadas primero en una tabla de madera para encontrar una profundidad de referencia en el eje 'z', para después ser grabadas en superficies de cobre de baquelitas comerciales.

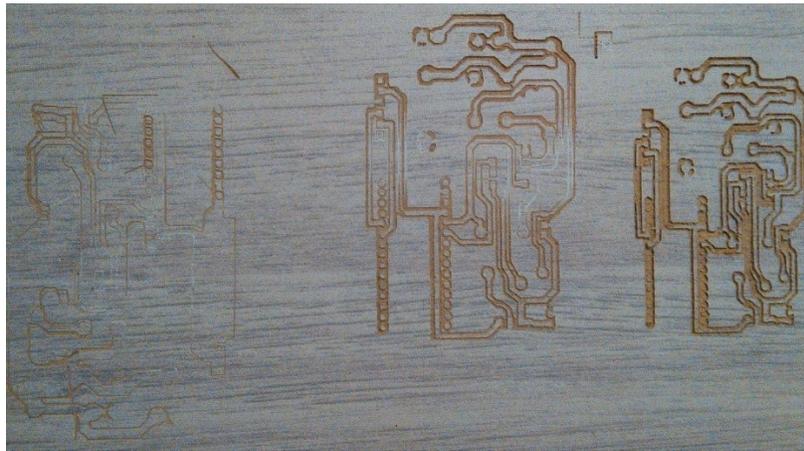


Figura 1: Pruebas de Tres Profundidades distintas en el eje 'z'

La imagen muestra tres dibujos para un mismo circuito con tres profundidades en eje 'z', la idea es conseguir una profundidad adecuada que únicamente remueva la capa de cobre de la baquelita, sin remover más allá de esta capa de cobre. A la derecha de la figura 1 está el grabado de la imagen del circuito impreso del sistema embebido del proyecto, tiene una profundidad en el eje 'z' de 3mm. En el centro de la figura 1 se encuentra el grabado del circuito impreso del sistema embebido del proyecto, con una profundidad de 2mm. Finalmente en la parte izquierda se muestra el grabado del circuito impreso con una profundidad de 1mm en el eje 'z' de la impresora 3D adecuada con un taladro en vez de un extrusor.

Se demostró que con una profundidad de 2mm y 3mm, y el uso de brocas comerciales para fresar y lijar, se consigue el grabado total del dibujo del circuito impreso del proyecto, se logra la continuidad entre las pistas y discontinuidad entre islas no conectadas por pistas.

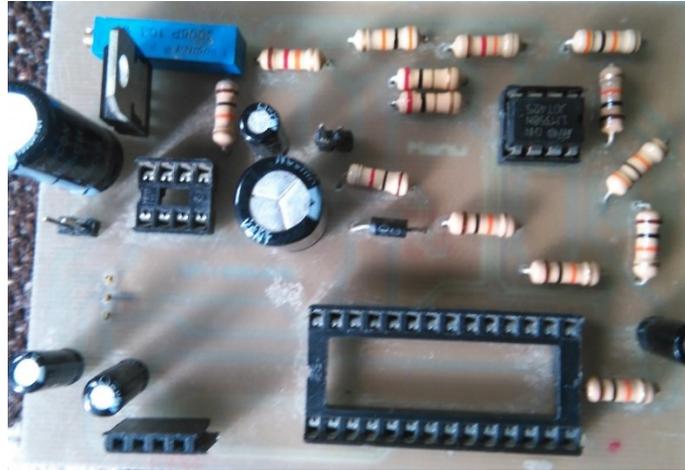


Figura 2: Prototipo 4 vista frontal

El prototipo 4 en la figura 2 y 3, muestra el primer diseño que se construyó del sistema embebido del proyecto, este primer prototipo es funcional, pero, no tiene un ancho de pistas e islas bien definido, así como carece de antisolder y mascara de componentes, en la figura 3 se muestra el grabado del circuito en la placa de cobre de una baquelita.

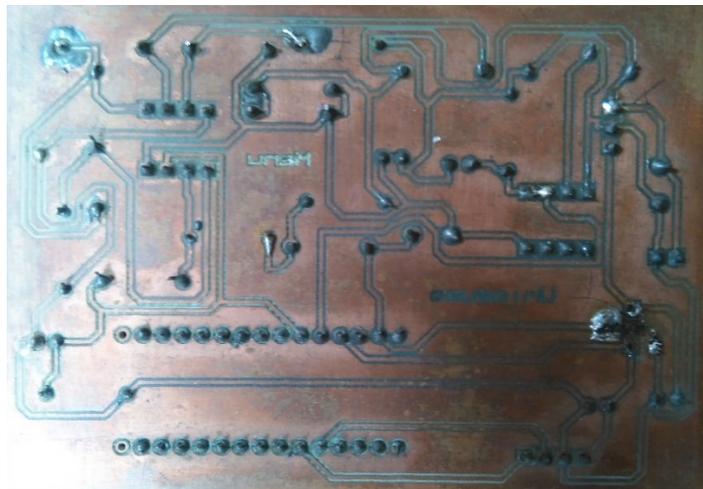


Figura 3: Prototipo 4, vista posterior

Después de construir el prototipo 4 se concluyó que podía presentar errores de continuidad debido al poco tamaño de pistas e islas cortocircuitadas por error en el proceso de soldadura que se realiza posterior al grabado del circuito eléctrico en la baquelita, además presentaba sobrecalentamiento en la pista serie por donde se implantaron los dos sensores. Por estas razones se construyó el prototipo 3, figuras 4 y 5. Este otro prototipo incorpora mascara de componentes, pero no tiene antisolder, mejora el tamaño de pistas e islas para no cometer los problemas de continuidad y cortocircuitos del prototipo 4, el prototipo 3 es funcional y tiene un arreglo comercial de resistencias shunt en paralelo.



Figura 4: Prototipo 3, vista frontal



Figura 5: Prototipo 3, vista posterior

A continuación, se anexan una serie de fotos e imágenes 3D en software de diseño electrónico automatizado Proteus del prototipo 2 y prototipo 1, se muestran fotos del archivo Gerber/Excellon que contiene el modelo 3D para ser grabado con una impresora 3D por medio del software (CNC). También se muestran vistas 3D del prototipo 1 y 2, para comprender la ubicación de cada uno de los componentes electrónicos en la placa de circuito impreso de los sistemas embebidos que se construyeron para el proyecto.

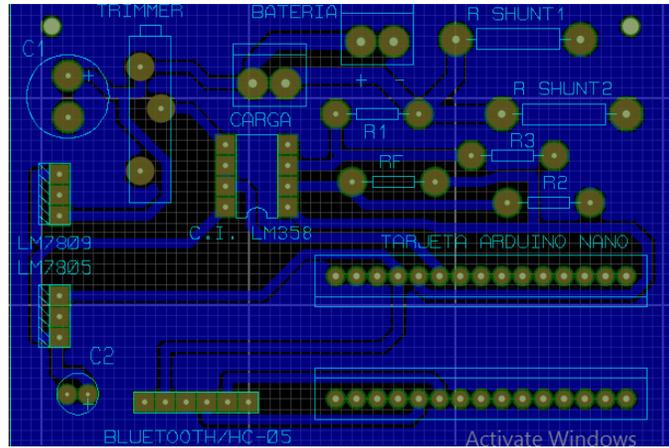


Figura 6: Prototipo 1 vista del Archivo Gerber/Excellon en Ares

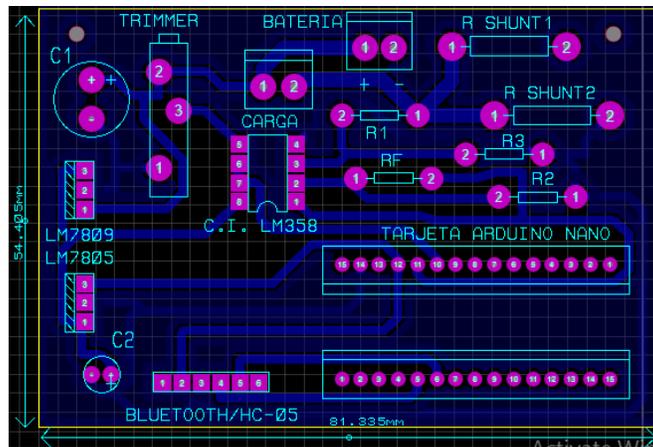


Figura 7: Prototipo 1 vista esquemática en Isis

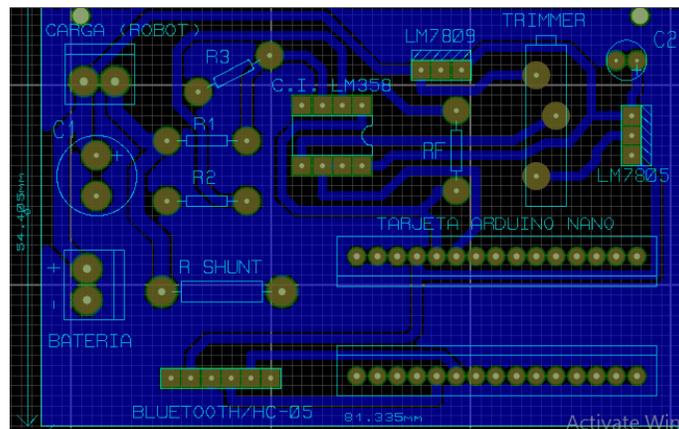


Figura 8: Prototipo 2, vista archivo Gerber/Excellon en Ares

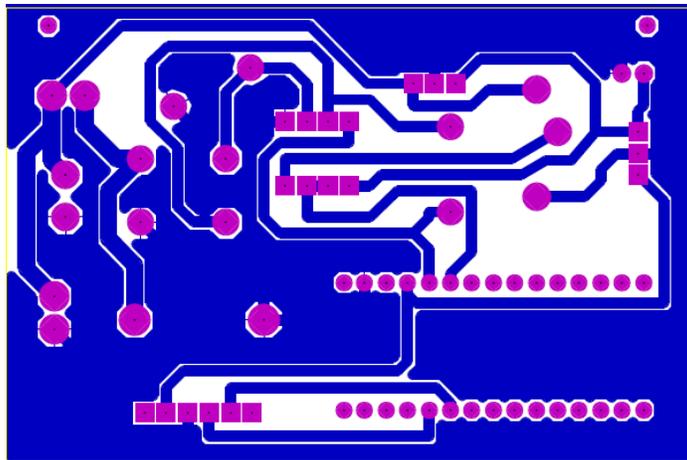


Figura 9: Prototipo 2 vista de pistas e islas en pdf

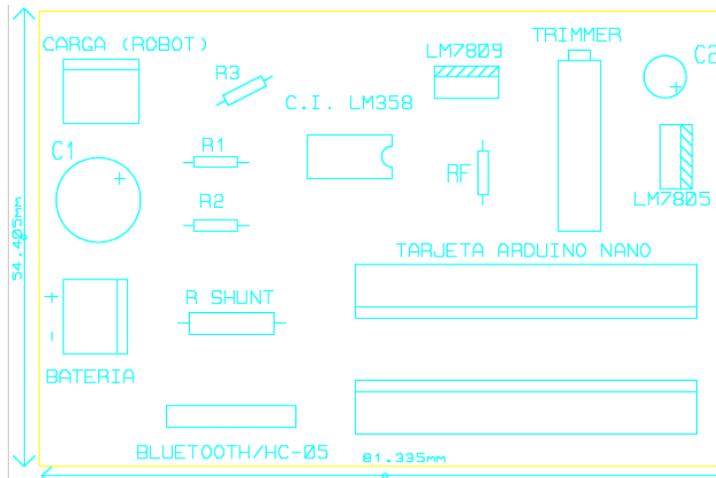


Figura 10: Prototipo 2 mascara de componentes en pdf

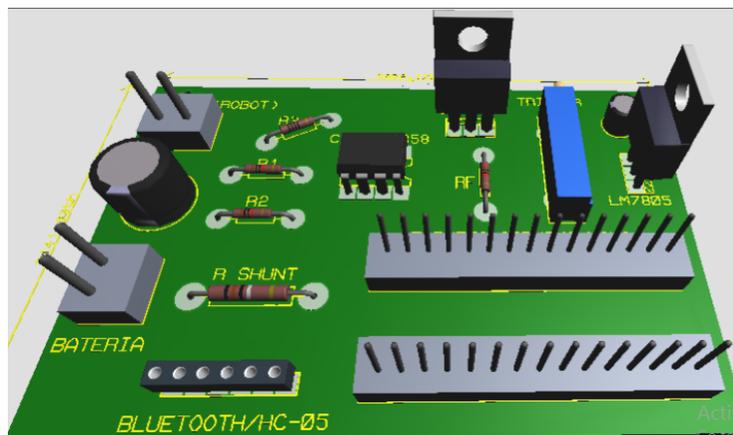


Figura 11: Prototipo 2 vista 3D en Proteus

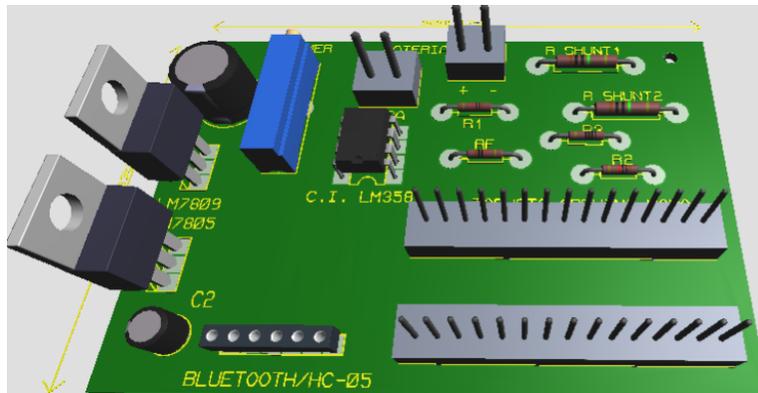


Figura 12: Prototipo 1 vista 3D en Proteus

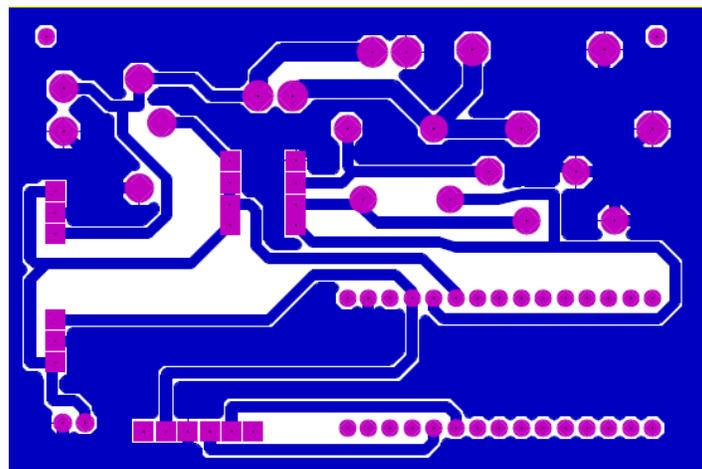


Figura 13: Prototipo 1 Pistas e Islas en pdf

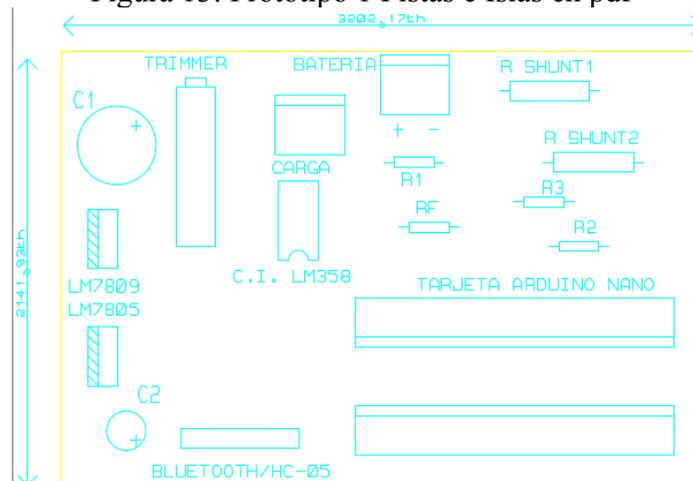


Figura 14: Prototipo 1 mascara de componentes en pdf

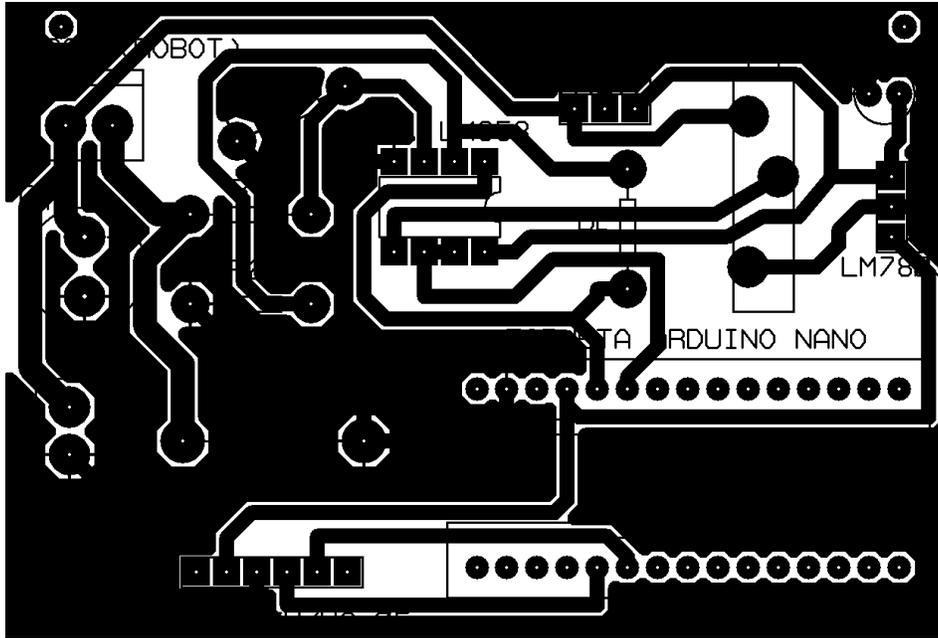


Figura 15: Prototipo 2 Pistas, islas y mascara de componentes en pdf

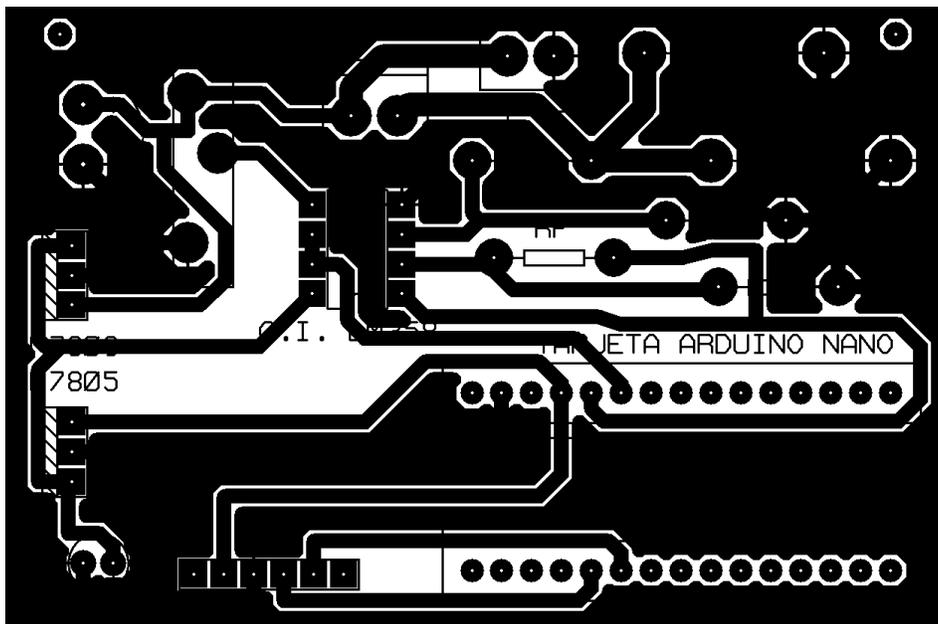


Figura 16: Prototipo 1 Pistas, islas y mascara de componentes en pdf

CAPITULO IV

Osciloscopios Tektronix de Almacenamiento Digital Serie TBS1000B-EDU

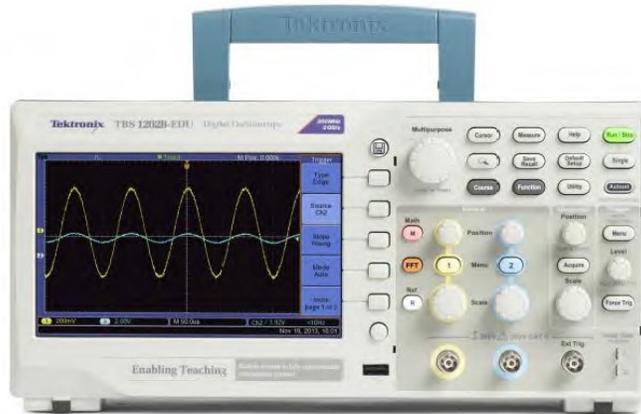


Figura 17: Osciloscopio Digital Tektronix serie TBS1000B

Los Osciloscopios de Almacenamiento Digital de la Serie TBS1000B-EDU están diseñados para cumplir específicamente con las necesidades actuales de Escuelas y Universidades. Es el primer osciloscopio en utilizar un innovador nuevo sistema de desarrollo de cursos (Courseware) que permite a los profesores integrar sin problemas materiales de apoyo educativo o prácticas de laboratorio en los osciloscopios de la serie TBS1000-EDU. La información del Courseware se presenta directamente en la pantalla del osciloscopio y se puede utilizar para ofrecer instrucciones paso a paso, brindar antecedentes teóricos, sugerencias y consejos de una forma eficiente la cual permite que los alumnos puedan documentar fácilmente su trabajo de laboratorio. El equipo cuenta con una pantalla a color de 7 pulgadas WVGA TFT, una velocidad de muestreo de hasta 2 GS/s, con anchos de banda de 50 MHz a 200 MHz, un contador de frecuencia en cada uno de los dos canales analógicos y una garantía estándar de hasta 5 años, éstas son solo unas cuantas características que hacen del TBS1000B-EDU el mejor osciloscopio a nivel básico en el mercado para actividades educativas.

Principales Especificaciones

- Modelos con anchos de banda de 200MHz, 150 MHz, 100 MHz, 70 MHz y 50 MHz
- Modelos de 2 canales
- Velocidad de muestreo de hasta 2 GS/s en todos los canales
- Longitud de registro de 2.5k en todos los canales
- Disparos avanzados incluyendo pulso y por selección de línea de video

Principales Características

- Pantalla activa a color de 7 pulgadas WVGA (800X480) TFT
- 34 mediciones automáticas
- Ventana doble de FFT, le permite monitorear simultáneamente el dominio del tiempo y de la frecuencia
- Función integrada de Courseware
- Contador de frecuencia de dos canales

- Función de Ampliación (Zoom)
- Interfaz de usuario en múltiples idiomas
- De tamaño pequeño y peso ligero - De sólo 4.9 pulgadas (124 mm) de profundidad y 4.4 libras (2 kg) de peso

Conectividad

- Puerto host USB 2.0 en el panel frontal para un rápido y fácil almacenamiento de los datos
- Puerto dispositivo USB 2.0 en el panel trasero para una rápida y fácil conexión a una PC

Precisión Digital para mediciones exactas

Con un ancho de banda de hasta 200 MHz, una máxima velocidad de muestreo de 2 GS/s y una exactitud de medición vertical del 3% el osciloscopio le permite ver todos los detalles de su señal. Con la tecnología de muestreo propietaria de Tektronix, sin comprometer el rendimiento, usted obtendrá la velocidad de muestro en tiempo real señalada en todos los canales, todo el tiempo con un sobre muestreo de al menos 10X. El rendimiento de muestreo no se reduce aun cuando se cambie la configuración horizontal o cuando se estén utilizando múltiples canales, permitiéndole ver las características verdaderas de sus señales.

Una vez que se capturan las señales, los TBS1000B-EDU le ofrecen capacidades de matemáticas y de medición avanzadas haciendo fácil la evaluación de la calidad de la señal. Los usuarios pueden llevar a cabo fácilmente sumas, restas y multiplicación de formas de onda o utilizar cualquiera de las 34 mediciones automáticas para calcular rápida y confiablemente características importantes de la señal tales como, frecuencia, tiempo de subida o sobre disparo.

En seguida se muestran imágenes o figuras relacionadas con el análisis estadístico de los dos sensores, tanto para el sensor de voltaje como para el sensor de corriente de los dos prototipos 1 y 2.

Correlación de salida del Sensor de Voltaje y Corriente

Coefficiente de Determinación y Recta de Ajuste

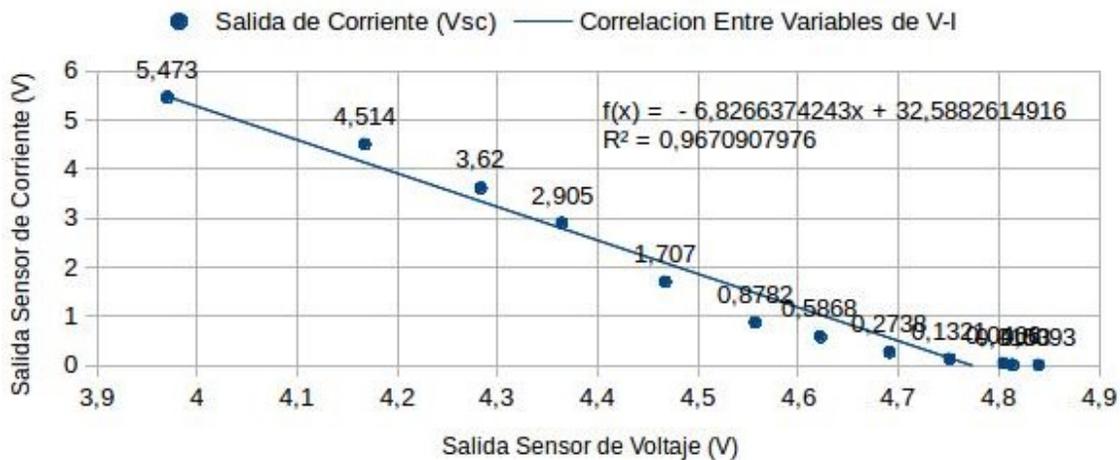


Figura 18: Correlación entre variables de salida de Corriente y Voltaje

Comportamiento de Entrada/Salida Sensor de Corriente Prototipo 1

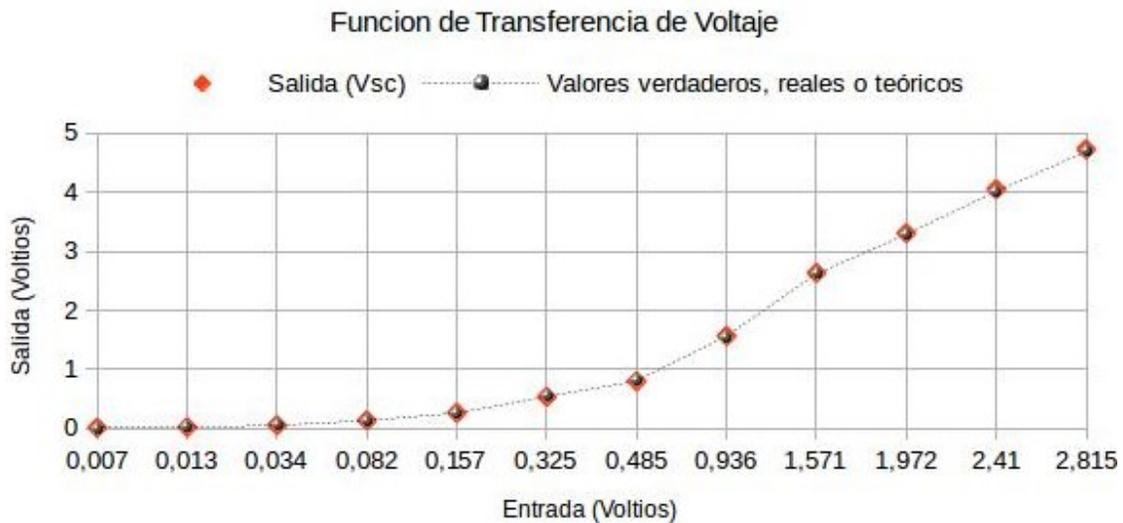


Figura 19: Comportamiento del sensor de corriente para diferentes cargas

Recta de Regresión Lineal Sensor de Corriente P2

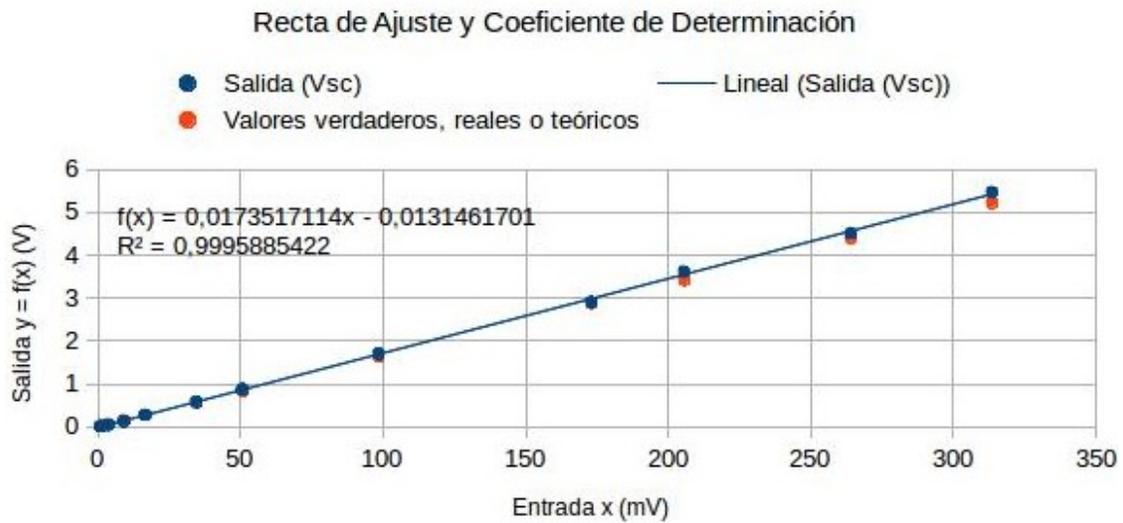


Figura 20: Regresión lineal y recta de ajuste sensor de corriente

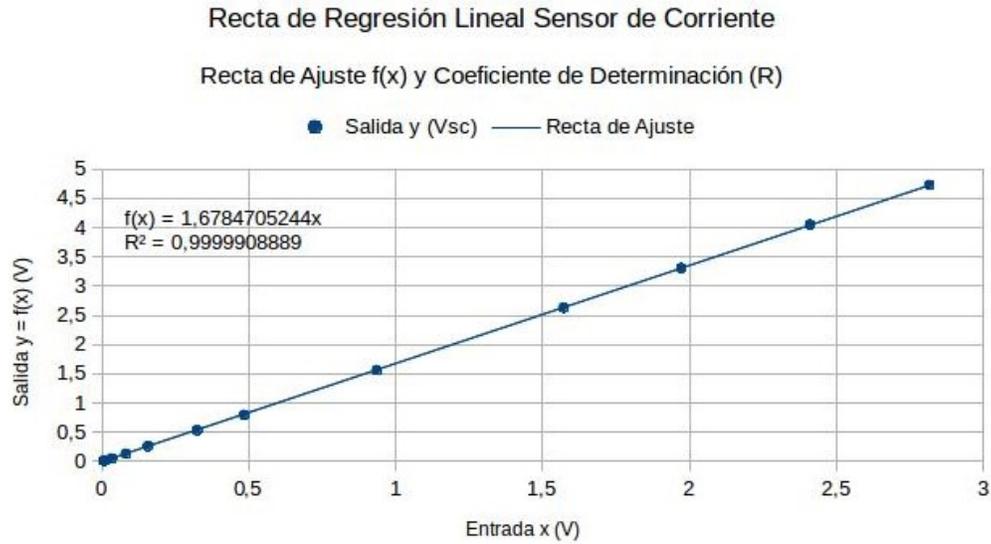


Figura 21: Regresión lineal y recta de ajuste sensor de corriente prototipo 1

CAPITULO V

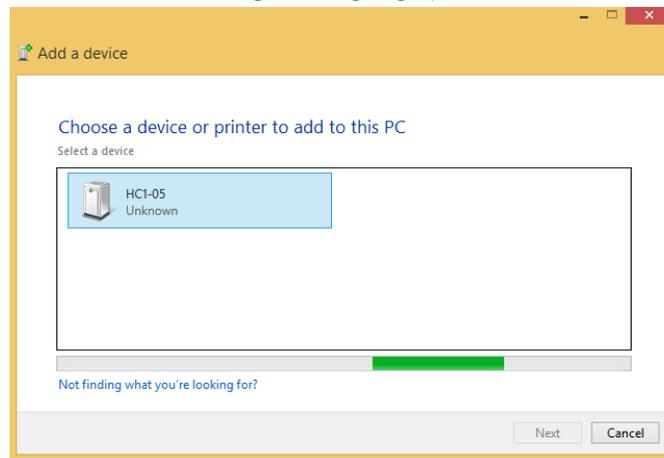


Figura 22: Adición de dispositivo Bluetooth en el PC

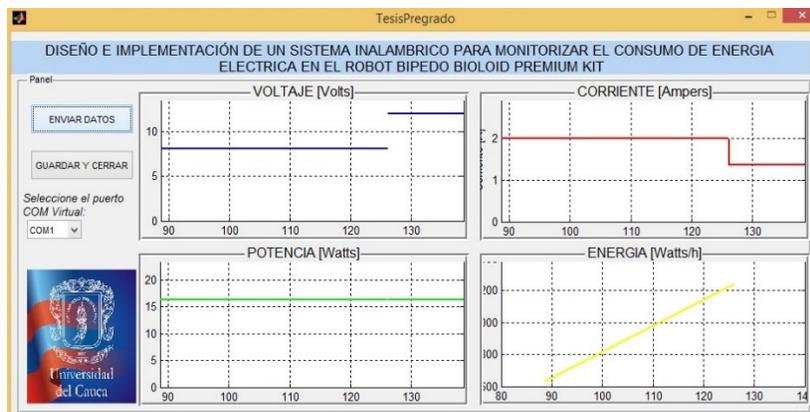


Figura 23: Pruebas de energía eléctrica para una carga eléctrica

```
Command Window
New to MATLAB? Watch this Video, see Demos, or read Getting Started.
>> TesisPregrado
Esperando para recibir datos COM3
Esperando para recibir datos COM3
El Programa se ha detenido
fx >> |
```

Figura 24: Ejecución del sistema inalámbrico en la ventana de comandos de Matlab

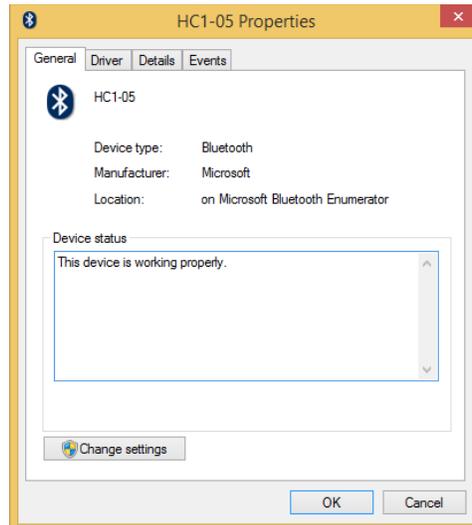


Figura 25: Propiedades del módulo dispositivo Bluetooth HC1-05

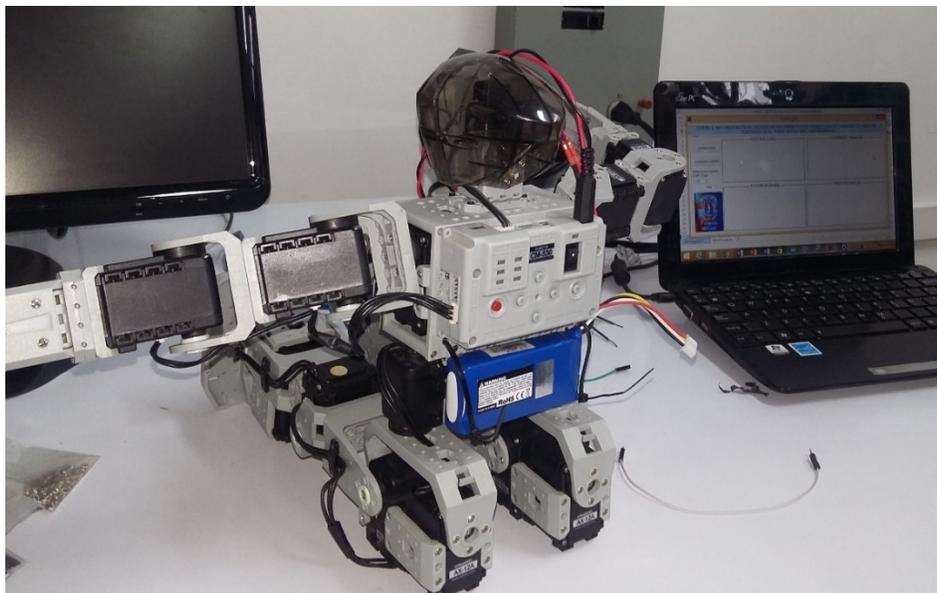


Figura 26: Pruebas de energía en el robot y conexión de la batería y carga (robot) en el sistema embebido

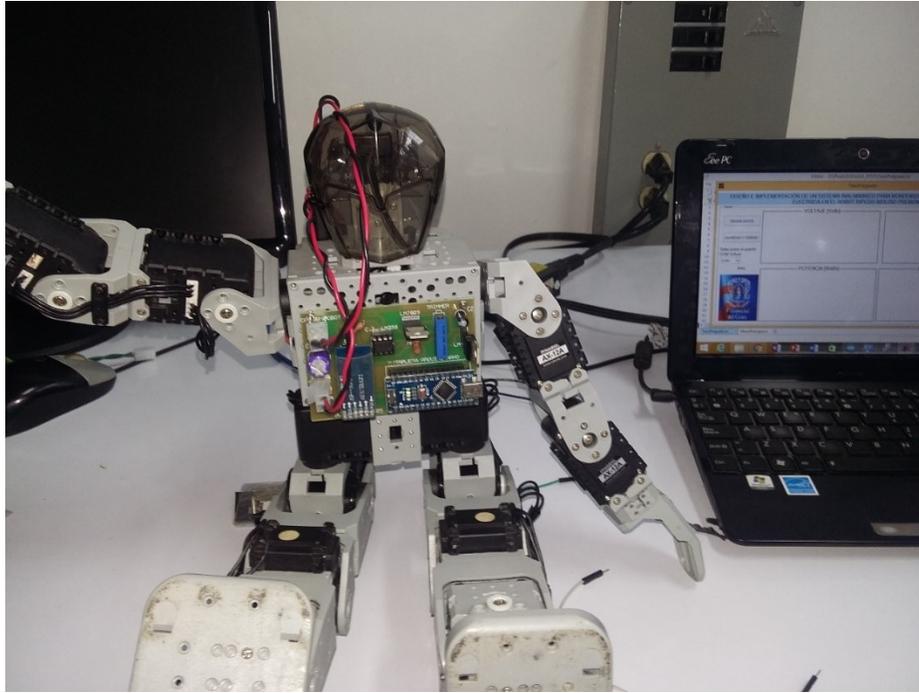


Figura 27: Montaje del sistema embebido del proyecto en el pecho del robot y Pruebas de energía eléctrica en el robot