UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTÍN DE AREQUIPA

ESCUELA DE POSGRADO

UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE PRODUCCIÓN Y SERVICIOS

DISEÑO DE UN SISTEMA DE MONITOREO REMOTO DEL DESEMPEÑO DE UNA RED DE GENERACIÓN EÓLICA

Tesis presentada por la bachiller:

LUQUE COHAILA, YUDIE JAQUELIN

Para optar el grado académico de Maestra en Gestión de la Energía con mención en Electricidad

Asesor: Dr. Salas Zeballos, Víctor Ramiro

Arequipa – Perú

2022

DEDICATORIA

A mis padres, por estar conmigo, por enseñarme a crecer y a que si caigo debo levantarme, por apoyarme y guiarme, por ser las bases que me ayudaron a llegar hasta aquí.

El presente trabajo es dedicado a mi familia, quienes han sido parte fundamental para escribir la presente tesis, ellos son quienes me dieron grandes enseñanzas y los principales protagonistas de esta meta.

AGRADECIMIENTOS

A mi tutor sin usted y sus virtudes, su paciencia y constancia este trabajo no lo hubiese logrado tan fácil. Sus consejos fueron siempre útiles cuando no salían de mi pensamiento las ideas para escribir lo que hoy he logrado. Usted formó parte importante de esta historia con sus aportes profesionales que lo caracterizan. Muchas gracias por sus múltiples palabras de aliento, cuando más las necesite; por estar allí cuando mis horas de trabajo se hacían confusas. Gracias por sus orientaciones”

PRESENTACIÓN

La finalidad del presente trabajo de investigación es contribuir con el Diseño de un sistema de monitoreo remoto del desempeño de una red de generación eólica

CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA El primer capítulo está referido a la descripción de la realidad problemática, donde se describe el problema que da origen al presente estudio de investigación, se determina el problema principal, se delimitan los objetivos generales y específicos.

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO El segundo capítulo contiene los antecedentes de la investigación, el estado del arte y finalmente el marco conceptual en el cual se describe la información principal del proyecto de investigación.

CAPITULO III: ELABORACIÓN DE LA PROPUESTA En el tercer capítulo se considera las generalidades y el esquema de la propuesta de la investigación.

CAPITULO IV: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS En el capítulo cuatro se considera el análisis e interpretación de los resultados.

CONCLUSIONES Se describen las conclusiones obtenidas en la investigación.

RECOMENDACIONES Se describen las recomendaciones obtenidas en la investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS En las referencias bibliográficas se mencionan la bibliografía considerada en la investigación.

ANEXOS En los anexos se adjuntan los resultados obtenidos en la investigación, los instrumentos utilizados para la recopilación de información.

RESUMEN

Hoy en día experimentamos un desarrollo inigualable en la historia, el hombre se ha expandido por todos los rincones de la tierra, transformó el medio, almacena información magnéticamente y puede transportarse rápidamente a cualquier lugar del planeta en cuestión de horas. Todo esto ha sido posible gracias a una fuente de energía, "combustibles fósiles", este recurso resultado de la captación de la energía solar durante millones de años ha sido el motor de nuestra sociedad. Debido al encarecimiento y exceso de consumo de este energético llegó el tiempo de utilizar fuentes alternas de generación de energía. Las fuentes renovables de energía son una alternativa oportuna para sostener el desarrollo social y mitigar las consecuencias del uso de combustibles fósiles. Las energías renovables se encuentran en un nivel de desarrollo adecuado para su explotación comercial, una de ellas es la energía eólica que ha destacado por ser la más rentable.

La energía eólica ha crecido en los últimos años exponencialmente, este crecimiento demanda material, maquinaria, mano de obra y personal capacitado, al mismo ritmo del crecimiento, por lo que es necesario desarrollar en lo posible temas de energía eólica. De este hecho surge la idea central de este trabajo de tesis.

Primero se introduce al conocimiento acerca de la energía eólica, su historia, procedencia y la manera de aprovechar esa energía dejando definido nuestro objetivo y justificando las razones por las cuales se hizo este estudio. En el segundo se describe las principales características del fenómeno en estudio, explicando las características generales del viento. En el tercero se muestra la infraestructura necesaria para realizar una medición adecuada al sitio con la finalidad de obtener los datos fuente con los que se realizará el estudio del recurso eólico.

ABSTRACT

Today we experience a development unmatched in history, man has expanded to all corners of the earth, transformed the environment, stores information magnetically and it can be quickly transported anywhere on the planet in a matter of hours. All of this has been possible thanks to an energy source, "fossil fuels", this resource is the result of Capturing solar energy for millions of years has been the engine of our society.

Due to the increased cost and excess consumption of this energy, it was time to use alternative sources of power generation. Renewable sources of energy are an alternative timely to sustain social development and mitigate the consequences of fuel use fossils. Renewable energies are at an adequate level of development for their commercial exploitation, one of them is wind energy, which has stood out for being the most profitable.

Wind energy has grown exponentially in recent years, this growth demands material, machinery, labor and trained personnel, at the same rate of growth, therefore that it is necessary to develop wind energy issues as much as possible. From this fact arises the idea central to this thesis work.

This thesis has the purpose of quantifying the usable energy contained in the wind of the city Arequipa. First you are introduced to the knowledge about wind energy, its history, origin and the way to take advantage of that energy, defining our objective and justifying the reasons for which this study was done. The second describes the main characteristics of the

phenomenon under study, explaining the general characteristics of the wind. The third shows the infrastructure necessary to carry out an adequate measurement to the site in order to obtain the source data with which the study of the wind resource will be carried out.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA I

AGRADECIMIENTOS II

PRESENTACIÓN III

RESUMEN IV

ABSTRACT V

ÍNDICE DE CONTENIDOS VI

ÍNDICE DE FIGURAS IX

ÍNDICE DE TABLAS XI

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN 1

1.1 Objetivos 2

1.1.1 Objetivo general 2

1.1.2 Objetivos específicos 2

1.2 Hipótesis 2

2 CAPÍTULO II: MÉTODOS 3

2.1 ¿QUÉ SON LAS MICRO REDES Y POR QUÉ SERÁN IMPORTANTES? 3

2.1.1 ¿CÓMO FUNCIONAN LAS MICRO REDES DE ENERGÍA? 3

2.1.2 ENERGÍA EÓLICA. QUÉ ES, CÓMO FUNCIONA, VENTAJAS Y DESVENTAJAS 4

2.1.3 VENTAJAS DE LAS MICRO REDES 7

2.1.4 LAS MICRO REDES INTELIGENTES, O CÓMO OPTIMIZAR EN TODO MOMENTO LA GENERACIÓN DE ENERGÍA 8

2.2 DISPOSITIVOS DE ADQUISICION DE DATOS 8
2.2.1 SENSORES DE TEMPERATURA 8
2.2.2 MEDIDORES DE POTENCIA Y/O VOLTAJE 17
2.2.3 DISPOSITIVOS PARA PROCESAMIENTO DE DATOS 21
2.2.4 DISPOSITIVOS PARA ALMACENAMIENTO DE DATOS 25
3 CAPÍTULO III: ELABORACION DE LA PROPUESTA 28
3.1 SENSOR MEDICION DE VELOCIDAD DE VIENTO 28
3.2 VELETA DE VIENTO NRG #200P 29
3.2.1 SENSOR DE TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA DHT22 (AM2302) 31
3.2.2 TERMOCUPLA K + TRANSMISOR MAX6675 31
3.2.3 FZ0430 31
3.2.4 SENSOR DE CORRIENTE AC 100A NO INVASIVO - SCT-013-000 32
3.2.5 MÓDULO LECTOR DE MEMORIA MICRO SD CARD 32
MÓDULO RTC DS3231 + EEPROM AT24C32 (I2C) 33
3.3 DIAGRAMA DE CONEXIONES DE LOS SENSORES YA INSTALADOS 33
3.4 ANÁLISIS DE RESULTADOS 35
3.5 REGISTRO DE DATOS PANELES SOLARES 39
3.6 AEROGENERADOR CON SISTEMA DE MEDICIÓN DE GIRO 42
4 CAPITULO IV CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 43
5 RECOMENDACIONES 44
6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 45

7 ANEXOS 47

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Sensor de temperatura LM35 9

Figura 2 Sensor de temperatura y humedad relativa DHT11 11

Figura 3 Sensor de temperatura y humedad relativa DHT22 12

Figura 4 Sensor de temperatura y humedad dh 13

Figura 5 Sensor de temperatura rtd pt100 (2 hilos) 14

Figura 6 Termocupla k + transmisor max6675 15

Figura 7 Sensor de temperatura y humedad relativa sht31 17

Figura 8 FZ0430 18

Figura 9 Monitor de corriente voltaje, high side ina219 20

Figura 10 Sensor de corriente ac 100a no invasivo 21

Figura 12 Arduino uno R3 22

Figura 13 Arduboard due R3 24

Figura 14 Arduino Nano ch34G mini usb 25

Figura 15 Lector de memoria micro sd card 26

Figura 16 Módulo rtc ds3231 27

Figura 17 Anemómetro JL-FS2 29

Figura 18 Veleta de Viento 30

Figura 19 Componentes, entradas y salidas Arduino Uno 30

Figura 20 Conexión DHT22 31

Figura 21 Conexión Termocupla K 31

Figura 22 Conexión FZ0430 31

Figura 23 Conexión Sensor de corriente AC 100A SCT-013-000 32

Figura 24 Conexión Modulo lector de memoria Micro SD Card 32

Figura 25 Carpeta creada para la toma de datos 32

Figura 26 Conexión RTC DS3231 33

Figura 27 Conexión de veleta a Arduino 33

Figura 29 Toma de datos lineal del arduino 36

Figura 30 Toma de datos lineal Veleta -Arduino 37

Figura 31 valores de voltajes obtenidos en la interpolación lineal para el rango de 1 a 425 RPM 37

Figura 32 Conexión De Los Componentes Del Sistema De Captación De Datos 38

Figura 33 Estadísticas mensuales de la velocidad del viento y direcciones para Arequipa aeropuerto 39

Figura 33 Estadísticas mensuales de la velocidad del viento y direcciones para Arequipa aeropuerto 40

Figura 34 Estadísticas de la temperatura para Arequipa 40

Figura 33 Estadísticas mensuales de la velocidad del viento y direcciones para Arequipa aeropuerto 40

Figura 34 Estadísticas de la temperatura para Arequipa 41

Figura 34 Estadísticas de la temperatura para Arequipa 41

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Datos y cálculos de frecuencia ---------- 35
Tabla 2 Dtos y cálculos de angulo de la veleta ---------- 36
Tabla 3 Datos y cálculos del sensor de tensión DC ---------- 39
Tabla 4 Datos adquiridos de sensores ---------- 39

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

Los sistemas eléctricos en todo el mundo están cambiando. La demanda mundial y la dependencia de la electricidad están aumentando y, a medida que las preocupaciones ambientales se vuelven más urgentes, también lo hace el enfoque en la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero (Energy World, 2015). Esto está dando como resultado un movimiento hacia un sistema de electricidad descarbonizado basado en un gran volumen de generación de energías renovables variables, principalmente entregadas por energía eólica y solar fotovoltaica (PV). La tecnología solar fotovoltaica es una de las tecnologías renovables que tienen el potencial de dar forma a un sistema eléctrico limpio, confiable, escalable y asequible para el futuro (Tyagi et al., 2013). Teniendo en cuenta este hecho, los gobiernos de todo el mundo están fomentando el desarrollo y despliegue de tecnología solar fotovoltaica. Hay una amplia gama de materiales fotovoltaicos disponibles en todo el mundo.

A nivel mundial, hay cientos de empresas involucradas en la fabricación de módulos fotovoltaicos con diferentes eficiencias y limitaciones. Al mismo tiempo, los costos de instalación difieren de un sistema a otro y de un proyecto a otro.

El objetivo de esta tesis es revisar la información publicada más recientemente sobre la energía solar fotovoltaica en términos de eficiencia de materiales y módulos, el estado global de la energía fotovoltaica y las políticas impulsoras, las actividades de investigación y desarrollo (I + D) y las fuentes de financiación, así como el potencial de la electricidad. Generación.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo general

Objetivo de este proyecto es diseñar e implementar un sistema de monitoreo que adquiera y registre los parámetros eléctricos y atmosféricos de una Microred, en base a los métodos recomendados.

1.1.2 Objetivos específicos

- Diseñar e implementar el acople de los sensores hacia el dispositivo principal de monitoreo.
- Desarrollar el dispositivo central de monitoreo que convierta, procese y almacene las señales anteriormente mencionadas.
- Desarrollar una aplicación la cual permita su interacción con los datos.

1.2 Hipótesis

Los sistemas automáticos de adquisición de datos se utilizan actualmente tanto para supervisar el rendimiento del sistema como para controlar su funcionamiento. La información obtenida se puede utilizar para evaluar la eficiencia de la planta durante largos períodos y optimizar los sistemas futuros en términos de rendimiento y confiabilidad.

CAPÍTULO II: MÉTODOS

2.1 ¿QUÉ SON LAS MICRO REDES Y POR QUÉ SERÁN IMPORTANTES?

Las micro redes son pequeñas redes, o circuitos capaces de generar energía y que, además, también pueden funcionar de manera autónoma.

Actualmente, están teniendo un gran desarrollo y las micro redes están llamadas a jugar un papel importantísimo en un futuro cercano. No solo sirven para optimizar esa generación de energía o llevarla a lugares de difícil acceso, sino que también son una pieza importante de un futuro más sostenible.

2.1.1 ¿CÓMO FUNCIONAN LAS MICRO REDES DE ENERGÍA?

La red eléctrica general conecta nuestros hogares, negocios y otros edificios con las grandes centrales generadoras de energía. Gracias a esa red, la electricidad llega desde donde se produce hasta donde la necesitamos, y al encender nuestros aparatos, estos funcionan.

Las micro redes, en muchas ocasiones, también están conectadas a la red eléctrica, pero he aquí lo importante: **pueden funcionar por sí solas, aisladas de la red general**. ¿Qué significa eso? Principalmente, que si la red general falla, hay un corte en el servicio o una avería de cualquier tipo, la micro red **puede seguir generando electricidad**.

Las micro redes se conectan a la red general por un punto que mantiene el voltaje al mismo nivel. Pero si detecta problemas, se puede desconectar y no verse afectada.

Todo depende también de cuál es la forma en la que se alimentan las micro redes. Estas pueden recibir energía de paneles solares, baterías o generadores distribuidos. Dependiendo de cómo se gestione, una micro red puede funcionar de manera indefinida y limpia, por ejemplo, si se alimenta con renovables.

2.1.2 ENERGÍA EÓLICA. QUÉ ES, CÓMO FUNCIONA, VENTAJAS Y DESVENTAJAS

La energía eólica se ha convertido en una fuente de generación de electricidad clave para el cambio del modelo energético, más limpio y sostenible. La mejora de la tecnología permite que algunos campos eólicos produzcan energía eléctrica tan barata como lo hace el carbón o las centrales atómicas. Sin duda, estamos ante una fuente de energía con sus ventajas y sus desventajas, pero son mayores los beneficios.

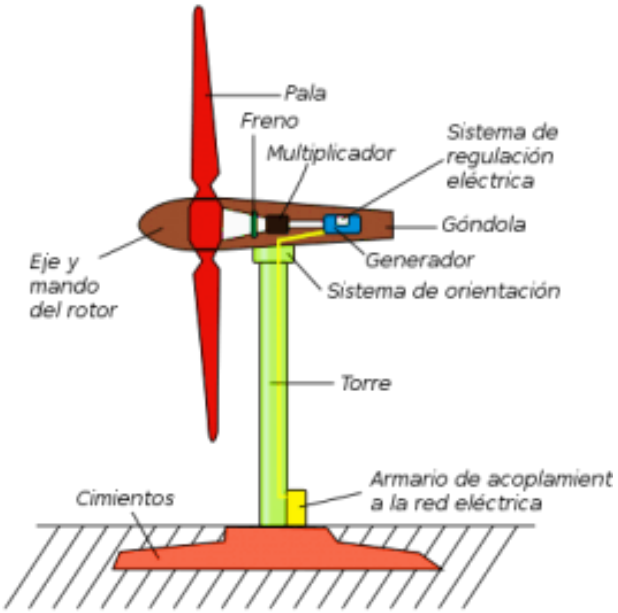
La energía eólica es una de las energías renovables más utilizada en el mundo.

2.1.2.1 ¿Qué es la energía eólica?

La energía eólica es la energía que se obtiene del viento. Se trata de un tipo de energía cinética producida por el efecto de las corrientes de aire. Esta energía la podemos convertir en electricidad a través de un generador eléctrico. Es una energía renovable, limpia, que no contamina y que ayuda a reemplazar la energía producida a través de los combustibles fósiles.

El mayor productor de energía eólica del mundo es Estados Unidos, seguido de Alemania, China, India y España. En América Latina el mayor productor es Brasil. En España, la energía eólica abasteció de electricidad al equivalente a 12 millones de hogares, esto es un 18% de las necesidades del país (Fuente AEE). Esto significa que gran parte de la energía verde que ofrecen las compañías eléctricas del país proviene de los parques eólicos y tiene este origen renovable.

Figura 1 Energía eólica



2.1.2.2 ¿Cuáles son las ventajas de la energía eólica?

- Es una fuente de energía inagotable.
- Es una fuente de energía renovable. El viento es una fuente abundante e inagotable, lo que significa que siempre se puede contar con la fuente original que produce la energía, lo que hace que no tenga fecha de caducidad. Además, está disponible en muchos lugares del mundo.
- Ocupa poco espacio.
- Para producir y acumular la misma cantidad de energía eléctrica, un campo eólico necesita menos terreno que un campo de energía fotovoltaica.
- Además, es reversible, lo que significa que el área ocupada por el parque puede restaurarse fácilmente para renovar el territorio preexistente.
- No contamina.

- La energía eólica es una de las fuentes de energía más limpia tras la energía solar. Esto es así porque durante su proceso de generación no lleva implícito un proceso de combustión. Así, no produce gases tóxicos, ni residuos sólidos algunos. Para hacernos una idea: un aerogenerador alcanza una capacidad de energía similar a la de 1.000 Kg de petróleo.
- Además, las propias turbinas tienen un ciclo de vida muy largo antes de ser retiradas para su eliminación.
- Bajo costo.
- Los costos de las turbinas eléctricas eólicas y el mantenimiento de la turbina son relativamente bajos. El costo por kW producido es bastante bajo en las áreas muy ventosas. En algunos casos, el costo de producción es el mismo que el del carbón, e incluso la energía nuclear.
- Es compatible con otras actividades.
- La actividad agrícola y ganadera convive armoniosamente con la actividad de un parque eólico. Esto hace que no tenga un impacto negativo en la economía local, permite que las instalaciones no interrumpan el desarrollo de su actividad tradicional al mismo tiempo que genera una nueva fuente de riqueza.

2.1.2.3 ¿Cuáles son los inconvenientes de la energía eólica?

El viento no está garantizado.

El viento es relativamente impredecible por lo que no siempre se cumplen las previsiones de producción, especialmente en unidades temporales pequeñas. Para minimizar los riesgos las inversiones en este tipo de instalaciones son siempre a largo plazo, con lo que el cálculo del retorno de éstas es más seguro. Se entiende mejor este inconveniente con un dato: los aerogeneradores

sólo funcionan correctamente con ráfagas de viento entre los 10 y los 40 Km/h. A velocidades menores la energía no resulta rentable y a mayores supone un riesgo físico para la estructura.

Energía no almacenable

Se trata de energía que no se puede almacenar, sino que debe ser consumida de manera inmediata cuando se produce. Eso hace que no pueda ofrecer una alternativa completa al uso de otros tipos de energía.

Afectan a las aves

Los parques eólicos pueden tener un impacto negativo a la avifauna, especialmente entre las aves rapaces nocturnas. El impacto en la avifauna se debe a que las palas giratorias pueden moverse a una velocidad de hasta 70 Km/h. Las aves no son capaces de reconocer visualmente las cuchillas a esta velocidad, chocando con ellas fatalmente.

2.1.3 VENTAJAS DE LAS MICRO REDES

Resumiendo, las ventajas de las micro redes, estas permitirían:

Seguir funcionando cuando la red principal no lo hace.

Permitir la generación de energía en caso de desastre, de manera que hospitales o servicios de emergencia puedan seguir operando.

Reducir las emisiones de dióxido de carbono a la atmósfera, contribuyendo a la lucha contra el cambio climático, además de reducir las emisiones contaminantes directas.

Producir energía eficiente y a bajo costo.

Producir esa energía con una capacidad de respuesta dinámica que no tenía precedente hasta ahora.

Mejorar el funcionamiento y la estabilidad de la red eléctrica general. La generación y distribución de energía es más segura, robusta y optimizada.

Aumentar la resiliencia local. Esto significa que las comunidades locales conectadas a micro redes tienen un mejor servicio eléctrico, además de que otras zonas, donde es muy difícil llevar la energía o la red general con calidad, pueden tener acceso a electricidad con una micro red.

2.1.4 LAS MICRO REDES INTELIGENTES, O CÓMO OPTIMIZAR EN TODO MOMENTO LA GENERACIÓN DE ENERGÍA

Otra tendencia básica de las micro redes es que sean inteligentes, o smart. Igual que muchos aparatos de nuestra casa empiezan a serlo, y funcionan de manera autónoma y óptima (programando la calefacción o encendiendo las luces cuando es necesario sin nuestra intervención), la generación de energía también está aprovechando esta tecnología.

De esta manera, las micro redes se vuelven inteligentes mediante diversas tecnologías. Además, gracias a una interconexión constante, pueden analizar en todo momento los requerimientos de energía. Esto permite, por ejemplo, adecuar exactamente la oferta a la demanda, con una generación y administración optimizada, sin desperdicio.

Como vemos, las micro redes están suponiendo un gran avance en cuanto a generación limpia y efectiva de energía. Con el tiempo, están llamadas a ser una pieza importante del puzzle energético y cambiar el contexto tal y como lo conocemos ahora.

2.2 DISPOSITIVOS DE ADQUISICIÓN DE DATOS

2.2.1 SENSORES DE TEMPERATURA

2.2.1.1 SENSOR DE TEMPERATURA ANALÓGICO LM35

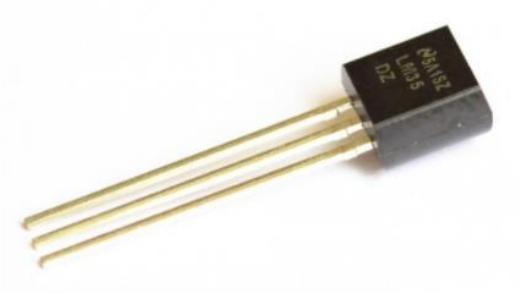
El LM35 es un sensor de temperatura de buenas prestaciones a un bajo precio. Posee un rango de trabajo desde -55ºC hasta 150°C. Su salida es de tipo analógica y lineal con una pendiente de 10mV/ºC. El sensor es calibrado de fábrica a una precisión de 0.5ºC.

Es un sensor muy popular por su fácil uso y variadas aplicaciones. No necesita de ningún circuito adicional para ser usado. Se alimenta directamente con una fuente de 5V y entrega una salida analógica entre 0V a 1.5V. Este voltaje analógico puede ser leído por el ADC de un microcontrolador como PIC o Arduino. Entre sus aplicaciones podemos encontrar termómetros, termostatos, sistemas de monitoreo y más.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

- Voltaje de Operación: 4V – 30V (5V recomendado)
- Rango de Trabajo: -55℃ hasta +150℃
- Precisión en el rango de -10°C hasta +85°C: ±0.5°C
- Pendiente: 10mV / ºC
- Bajo consumo energético: 60uA
- No necesita componentes adicionales
- Pines: +VCC, V salida, GND
- Baja impedancia de salida

Figura 1 Sensor de temperatura LM35



2.2.1.2 SENSOR DE TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA DHT11

El DHT11 es un sensor digital de temperatura y humedad relativa de bajo costo y fácil uso. Integra un sensor capacitivo de humedad y un termistor para medir el aire circundante, y

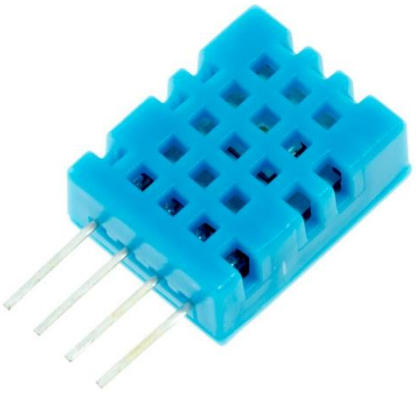
muestra los datos mediante una señal digital en el pin de datos (no posee salida analógica). Utilizado en aplicaciones académicas relacionadas al control automático de temperatura, aire acondicionado, monitoreo ambiental en agricultura y más.

Largo del tiempo. El protocolo de comunicación entre el sensor y el micro controlador emplea un único hilo o cable, la distancia máxima recomendable de longitud de cable es de 20m., de preferencia utilizar cable apantallado. Proteger el sensor de la luz directa del sol (radiación UV).

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

- Voltaje de Operación: 3V - 5V DC
- Rango de medición de temperatura: 0 a 50 °C
- Precisión de medición de temperatura: ±2.0 °C
- Resolución Temperatura: 0.1°C
- Rango de medición de humedad: 20% a 90% RH.
- Precisión de medición de humedad: 5% RH.
- Resolución Humedad: 1% RH
- Tiempo de sensado: 1 seg.
- Interface digital: Single-bus (bidireccional)
- Modelo: DHT11
- Dimensiones: 16*12*5 mm

Figura 2 Sensor de temperatura y humedad relativa DHT11



2.2.1.3 SENSOR DE TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA DHT22 (AM2302)

El DHT22 (AM2302) es un sensor digital de temperatura y humedad relativa de buen rendimiento y bajo costo. Integra un sensor capacitivo de humedad y un termistor para medir el aire circundante, y muestra los datos mediante una señal digital en el pin de datos (no posee salida analógica). Utilizado en aplicaciones de control automático de temperatura, aire acondicionado, monitoreo ambiental en agricultura y más.

A nivel de software se dispone de librerías para Arduino con soporte para el protocolo "Single bus". En cuanto al hardware, solo es necesario conectar el pin VCC de alimentación a 3-5V, el pin GND a Tierra (0V) y el pin de datos a un pin digital en nuestro Arduino.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

- Voltaje de Operación: 3V - 6V DC
- Rango de medición de temperatura: -40°C a 80 °C
- Precisión de medición de temperatura: <±0.5 °C
- Resolución Temperatura: 0.1°C
- Rango de medición de humedad: De 0 a 100% RH
- Precisión de medición de humedad: 2% RH

- Resolución Humedad: 0.1%RH
- Tiempo de sensado: 2s
- Interface digital: Single-bus (bidireccional)
- Modelo: AM2302
- Dimensiones: 20*15*8 mm

Figura 3 Sensor de temperatura y humedad relativa DHT22

2.2.1.4 SENSOR DE TEMPERATURA DIGITAL DS18B20

El sensor digital de Temperatura DS18B20 de MAXIM a prueba de agua. De fácil uso con microcontroladores como Arduino, PIC, ESP8266/ESP32. El sensor incluye internamente toda la electrónica necesaria: sensado, acondicionamiento, conversión analógica a digital e interfaz digital. Permite conocer la temperatura utilizando solo 1 cable para datos (1-Wire). Permite utilizar simultáneamente varios sensores en el mismo bus (barra) ya que cada sensor tiene un identificador único de fábrica.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

- Voltaje de operación: 3.0V – 5.5V DC
- Rango de medición: -55℃ hasta +125℃ (-67°F a +257°F)

- Precisión en el rango de -10°C hasta +85°C: ±0.5°C.
- Resolución ADC seleccionable de 9-12 bits
- Cables: Rojo (+VCC), Blanco (DATA 1-Wire), Negro (GND)
- Protocolo 1-Wire, solo necesita 1 pin para comunicarse
- Identificación única de 64 bits
- Cubierta de acero inoxidable de alta calidad, previene la oxidación de la sonda
- Sonda a prueba de agua
- Longitud de cable: 1m
- Dimensiones sonda: D5mm*L50mm
- Peso: 23 gramos

Figura 4 Sensor de temperatura y humedad dh

2.2.1.5 SENSOR DE TEMPERATURA RTD PT100 (2 HILOS)

El sensor de temperatura PT100 es un tipo específico de RTD. Un RTD (del inglés: Resistance Temperature Detector) es un detector de temperatura resistivo, es decir, un sensor de temperatura cuyo principio de medición es la variación de la resistencia de un conductor en función de su temperatura. Al aumentar la temperatura en un metal habrá una mayor agitación térmica, dispersándose más los electrones y reduciéndose su velocidad media, teniendo como consecuencia el aumento de la resistencia. A mayor temperatura, mayor agitación, y mayor resistencia.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

- Rango de Trabajo: -100℃ hasta +400℃
- Conexión: 2 hilos
- Longitud del cable: 0.5m
- Precisión: Clase B (± 0,3°C a 0ºC)
- Dimensiones: D4mm x L30mm
- Material de sonda: acero inox.
- Protección cable: fibra de vidrio
- Resistente al agua (la parte del sensor, no del cable)

Figura 5 Sensor de temperatura rtd pt100 (2 hilos)

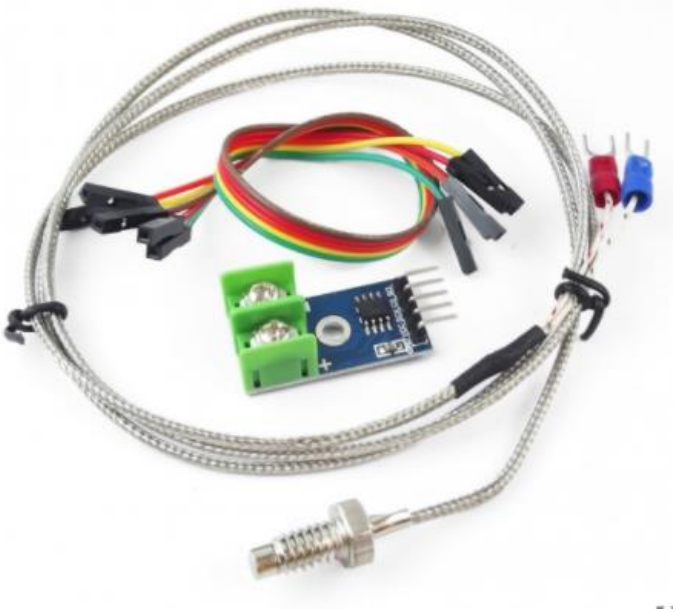
2.2.1.6 TERMOCUPLA K + TRANSMISOR MAX6675

Las Termocuplas son muy sensibles, por lo que necesitan de un buen amplificador y de una compensación de junta fría (cold junction). La termocupla tipo K y su respectivo transmisor MAX6675 son lo necesario para realizar mediciones de temperatura en un amplio rango (0-1023ºC) con buena linealidad y precisión.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

- Voltaje de Operación: 5V DC
- Corriente de trabajo: 50mA
- Rango de Temperaturas Termocupla: -200ºC hasta 1300ºC
- Resolución Transmisor MAX6675: 12 bits (0ºC - 1023ºC)
- Resolución de temperatura: 0.25ºC
- Interfaz de comunicación: SPI
- Posee agujeros para montaje
- Dimensiones: 25mm*15mm*13mm

Figura 6 Termocupla k + transmisor max6675



2.2.1.7 SENSOR DE TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA SHT31

El sensor digital de temperatura y humedad relativa SHT31 permite realizar mediciones muy precisas a bajo costo. El sensor SHT31 posee mejores prestaciones respecto a los sensores DHT11 y DHT22, como mejor resolución, mayor precisión y un empaque más compacto. Utilizado en aplicaciones de control automático de temperatura, aire acondicionado, monitoreo ambiental en agricultura y más.

Su integración es sencilla tanto a nivel de software como hardware. A nivel de software se dispone de librerías para Arduino con soporte para el protocolo I2C. En cuanto al hardware solo son necesarios 4 cables: dos de alimentación y dos de datos I2C.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

- Voltaje de Operación: 2.4V a 5.5V DC
- Interfaz de comunicación: I2C
- Dirección I2C: 0x44
- Rango de trabajo Temperatura: -40° a 125°C
- Resolución Temperatura: 0.015°C
- Precisión Temperatura: 0.2°C
- Rango de trabajo Humedad: 0 a 100% RH
- Resolución HR: 0.01 %RH
- Precisión HR: 2% RH
- Tiempos de muestreo rápidos

Figura 7 Sensor de temperatura y humedad relativa sht31

2.2.2 MEDIDORES DE POTENCIA Y/O VOLTAJE

2.2.2.1 ¿QUÉ ES EL FZ0430?

El FZ0430 es un módulo comercial que nos permite medir tensiones de hasta 25V de forma sencilla con un procesador como Arduino. Como muchos imaginaréis, en realidad el FZ0430 es un simple divisor de tensión con resistencias de 30kOhm y 7.5kOhm, lo que supone que la tensión percibida tras el módulo sea de divida por un factor de 5 (7.5/(30+7.5))

Por tanto, la tensión máxima que podemos medir será 25V para un procesador de tensión de alimentación Vcc 5V, y 16.5V para un procesador de Vcc 3.3V. Superar esta tensión en el input del FZ0430 dañará el pin analógico de Arduino. Por supuesto, esta ampliación del rango de medición tiene una consecuencia negativa en la precisión de la medición. En los modelos de Arduino que incorporan un ADC de 10 bits alimentados a 5V, la resolución normal es de 4.88mV. Tras el FZ0430 la resolución de la medición es de 24.41mV.

En caso de emplear una carga de 25V, la corriente que atraviesa el divisor es de 0.7mA, y las pérdidas del divisor 16.67mW. Por supuesto, podemos construir nosotros mismos un divisor

de tensión por un muy precio muy inferior, y donde ajustemos los valores de las resistencias empleadas a nuestro proyecto para minimizar la pérdida de precisión.

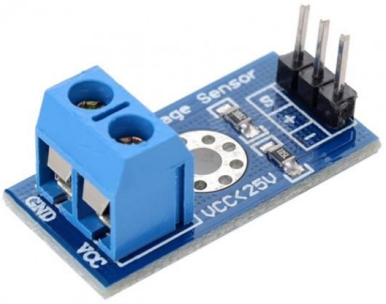
Por ejemplo, puede ser útil para medir el estado de una batería, o comprobar la alimentación de un dispositivo de 12V o 24V, como una tira LED, un electroimán, un ventilador, o una placa Peltier.

También puede ser interesante en combinación con un ADS 16 bits, que dispone de medición diferencial para realizar mediciones analógicas en corriente alterna. Con 15 bits dedicados + 1 para el signo, tenemos una precisión de 0.15mV, que tras el FZ0430 queda una precisión final de 0.76mV. Se puede, por ejemplo, combinarlo con un transformador de 220V/12V para realizar mediciones de tensión alterna a 220V de forma sencilla, para hacer un monitor de energía.

ESQUEMA DE MONTAJE

El esquema de conexión es muy sencillo. Por un lado, conectamos la tensión que queremos conectar a la clema de conexión, respetando la polaridad. Por otro lado, conectamos la electrónica del módulo a Arduino mediante los terminales disponibles. Conectando Gnd y SIG del FZ0430, respectivamente, a Gnd y una entrada analógica cualquiera de Arduino.

Figura 8 FZ0430



2.2.2.2 MONITOR DE CORRIENTE VOLTAJE, HIGH SIDE INA219

El INA219 permite medir simultáneamente el voltaje y corriente DC en el rango de 0 a 25voltios y 0 a 3.2 amperios a través de una interfaz I2C. El módulo incorpora una resistencia Shunt interna para medir la corriente de 0,1 ohmios y 1%.

El INA219 se caracteriza por medir la corriente en el lado positivo de la carga, a diferencia de otros medidores que se conectan en el lado negativo, generando una falsa tierra en el circuito o carga a medir.

El ADC interno del INA219 es de 12 bits que proporciona una resolución de 0,8 mA en un rango de 3,2A. Es posible aumentar el rango cambiando la resistencia shunt.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

- Voltaje de Operación: 3-5V
- Voltaje máximo de medición: 25V
- Corriente máxima de medicion:3.2A
- Resolución: 0.8mA
- Interfaz: I2C compatible con 3.3V y 5V
- Dirección I2C: 0x40 (Modificable con puentes A0 y A1)
- Resistencia Shunt: 0.1 Ohm
- Dimensiones: 21x21mm
- Peso: 5g

Figura 9 Monitor de corriente voltaje, high side ina219

2.2.2.3 SENSOR DE CORRIENTE AC 100A NO INVASIVO - SCT-013-000

Los transformadores de corriente (CTs) son sensores utilizados para la medición de corriente alterna. Son particularmente útiles para medir el consumo o generación de electricidad de todo un edificio u hogar. Funcionan como transformadores por el principio físico de inducción electromagnética.

El sensor presentado en la imagen es muy fácil de manejar y acoplar. Puede colocarse como una pinza alrededor de un cable que entre al edificio sin la necesidad de realizar algún trabajo de alto voltaje.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

- Corriente de entrada (inducción): 0-100A AC
- Modo de salida: 0-50mA (corriente)
- No linealidad: ±1%
- Resistencia (RL): 62Ω
- Turn Ratio: 1800:1
- Grado de Resistencia: Grade B

- Temperatura de operación: -25°C ~ ₊ 70°C

- Fuerza dieléctrica (entre la carcaza y la salida): 1000V AC/1min 5mA
- Longitud del cable: 1m
- Tamaño abierto: 13mm x 13mm

Figura 10 Sensor de corriente ac 100a no invasivo

2.2.3 DISPOSITIVOS PARA PROCESAMIENTO DE DATOS

2.2.3.1 ARDUBOARD UNO R3

Uno R3 es una tarjeta de desarrollo que utiliza el microcontrolador ATmega328P(Atmel/Microchip), es la versión más recomendada para iniciarse en esta plataforma. Uno R3 posee 14 entradas/salidas digitales (6 pueden usarse como PWM), 6 entradas analógicas, un resonador cerámico de 16 MHz, conexión USB, conector de alimentación, conector ICSP y un botón de Reset.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

- Microcontrolador: ATmega328P (8-bit)
- Chip USB: ATmega16U2
- Conector USB: Tipo B

- Voltaje de operación: 5V DC
- Voltaje de alimentación: 6V - 20V DC(7-12V recomendado)
- Pines digitales I/O: 14 (6 salidas PWM)
- Entradas analógicas: 6 (ADC 10-bit)
- Corriente entrada/salida por pin: 40mA máx.
- Memoria FLASH: 32KB (2KB usados por el Bootloader)
- Memoria SRAM: 2KB
- Memoria EEPROM: 1KB
- Frecuencia de reloj: 16MHz
- Leds indicadores: ON, L(Pin 13), TX y RX
- Diseño compatible con Arduino® Uno R3
- Procedencia: China
- Incluye: Cable USB 30cm
- Dimensiones: 73*53*13 mm
- Peso: 30 gramos

Figura 11 Arduino uno R3

2.2.3.2 ARDUBOARD DUE R3

Due R3 es una tarjeta de desarrollo que utiliza el microcontrolador de 32 bits Atmel SAM3X8E ARM Cortex-M3 CPU. Posee 54 entradas/salidas digitales (12 pueden usarse como PWM), 12 entradas analógicas, 4 UARTs, 2 DAC, USB OTG, clock de 84 MHz, conexión USB, conector de alimentación, conector ICSP y un botón de Reset. La tarjeta contiene todo lo necesario para el funcionamiento del microcontrolador; basta conectarlo al puerto USB o alimentarlo con una fuente de voltaje continuo o una batería para empezar a usarlo.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

- Microcontrolador: Atmel SAM3X8E ARM Cortex-M3 CPU
- Voltaje de Operación: 3.3V
- Voltaje de alimentación: 6-20V (7-12V recomendado)
- Pines digitales I/O: 54 (12 salidas PWM)
- Entradas analógicas(ADC): 12
- Salidas analógicas(DAC): 2
- Corriente máxima entrada/salida(total): 130mA
- Memoria FLASH: 512 KB
- Memoria SRAM: 94 KB
- Memoria EEPROM: No disponible
- Velocidad de reloj: 84Mhz

Figura 12 Arduboard due R3

2.2.3.3 ARDUBOARD NANO CH340G MINI-USB

Nano CH340G es una pequeña y completa placa basada en el microcontrolador ATmega328P de Atmel. Posee el mismo microcontrolador que la tarjeta Arduino Uno, con la misma cantidad de pines digitales e incluso dos entradas analógicas adicionales. La tarjeta Arduino Nano fue diseñada para trabajar montada en Protoboard y asi facilitar el prototipado de los circuitos. Tarjeta originalmente diseñada por la empresa Gravitech(USA).

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

- Microcontrolador: ATmega328P (8-bit)
- Chip USB: CH340G
- Conector USB: mini-USB
- Voltaje de alimentación: 7V - 12V DC
- Voltaje nivel lógico I/O: 5V DC
- Pines digitales I/O: 14 (6 PWM)
- Entradas analógicas: 8 (6 pueden ser I/O digital)
- Corriente máx. por Pin I/O: 40mA

- Memoria FLASH: 32KB (2KB usados por el Bootloader)
- Memoria SRAM: 2KB
- Memoria EEPROM: 1KB
- Frecuencia de Reloj: 16MHz
- Dimensiones: 18.5*43.2 mm
- Peso: gramos

Figura 13 Arduino Nano ch34G mini usb

2.2.4 DISPOSITIVOS PARA ALMACENAMIENTO DE DATOS

El sistema de monitoreo de desempeño es necesario e indispensable para un sistema de energía, en especial para una micro red. Debido a que esta no es de gran escala como una planta de generación industrial, los sistemas de monitoreo comerciales resultan muy costosos para su implementación. Es en este contexto que surge la necesidad de diseñar un sistema que sea confiable y de bajo costo.

2.2.4.1 MÓDULO LECTOR DE MEMORIA MICRO SD CARD

Esta tarjeta de interfaz está diseñada para acceder a la memoria micro SD en modo SPI, por lo que las señales de control se etiquetan claramente con los nombres de las señales en dicho bus de comunicaciones.

Soporta tarjetas micro SD y micro SDHC. Tiene un circuito de conversión de voltaje para comunicarse a 3.3V o 5V.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

- Voltaje de Operación: 3.3V-5V
- Interfaz: SPI
- Cuenta con todos los pines SPI de la tarjeta SD: MOSI, MISO, SCK, CS
- Te permite almacenar grandes cantidades de datos en memorias SD utilizando Arduino o PIC

Figura 14 Lector de memoria micro sd card

2.2.4.2 MÓDULO RTC DS3231 + EEPROM AT24C32 (I2C)

Los RTC (Real Time Clock) o reloj en Tiempo Real son la solución ideal cuando necesitamos integrar mediciones de tiempo a nuestros proyectos. Los RTC son de muy bajo consumo por lo que pueden ser alimentados por baterías y de esa forma no perder la sincronización. Si bien los microcontroladores poseen contadores internos, estos no son tan exactos como un RTC dedicado.

FUNCIONES DEL RTC

Fecha con segundos, minutos, horas, numero día, día de la semana, mes y año.

Compensación de año bisiesto.

Formato de hora configurable en 12 o 24 horas

2 alarmas configurables

Circuito compensador de temperatura para el voltaje de referencia interno

La batería puede mantener al RTC funcionando por 10 años.

Puede ser usado en cascada con otro dispositivo I2C, la dirección del AT24C32 puede ser modificada (por defecto es 0x57)

Conexión para Arduino Uno:

SCL - A5

SDA - A4

VCC - 5V

GND – GND

Figura 15 Módulo rtc ds3231

CAPÍTULO III: ELABORACIÓN DE LA PROPUESTA

3.1 SENSOR MEDICIÓN DE VELOCIDAD DE VIENTO

Este anemómetro está hecho de carcasa, copas de viento y módulo de circuito. Tiene módulo fotovoltaico incorporado, procesador de microordenador industrial y generador de corriente estándar. Fabricado con aleación de aluminio, el anemómetro es de alta resistencia, resistencia a la intemperie y resistencia a la corrosión. La interfaz de calidad militar garantiza una larga vida útil de este anemómetro, al mismo tiempo que mejora la precisión de la adquisición de la velocidad del viento.

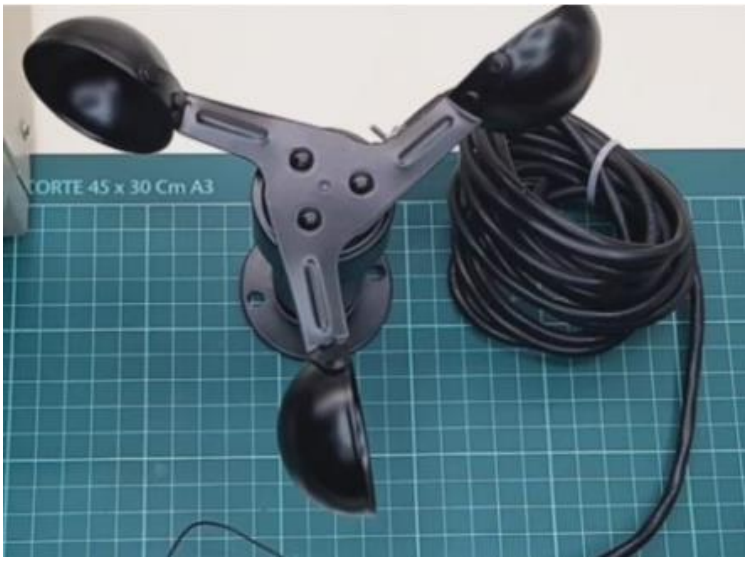
ESPECIFICACIÓN

- Estilo: tres tazas
- Material: aleación de aluminio.
- El modo de su señal de salida: 0-5 V (señal de voltaje)
- voltaje de suministro: DC 9-24V
- Consumo de energía: voltaje MAX≤0.3W
- Inicio de la velocidad del viento: 0,4-0,8 m / s
- resolución: 0,1 m / s
- Rango efectivo de medición de la velocidad del viento: 0-30 m / s
- Error del sistema: ± 3%
- Distancia de transmisión: más de 1000 m
- Medio de transmisión: transmisión por cable
- Modo de conexión: sistema de tres cables
- Temperatura de trabajo: -40 ℃ ~ 80 ℃
- Humedad de trabajo: 35% ～ 85

CARACTERÍSTICA

- Alta dureza
- Protección contra la corrosión
- Impermeabilidad
- Alta precisión

Figura 16 Anemómetro JL-FS2



3.2 Veleta de Viento NRG #200P

Esta veleta se conecta directamente a un potenciómetro de plástico conductor de precisión ubicado en el cuerpo principal. Se produce una salida de voltaje análogo directamente proporcional a la dirección del viento cuando se aplica una excitación constante de DC al potenciómetro. Se incluye una terminal de bota de goma.

CARACTERÍSTICAS

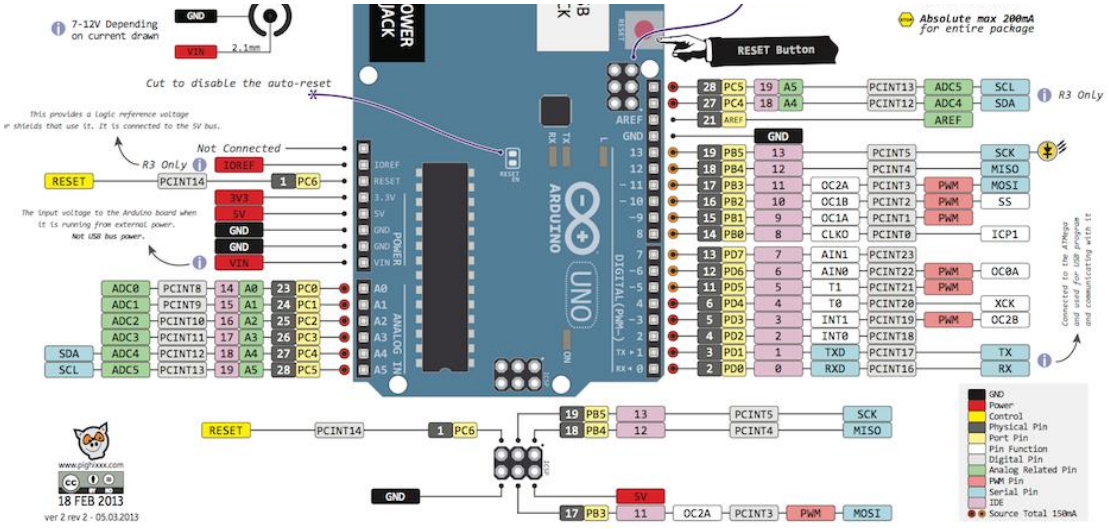
- Veleta potenciométrica de dirección del viento con tipo de sensor de rotación continua

- Rango del sensor 360° mecánicos, rotación continua
- Precisión de linealidad del potenciómetro dentro del 1%
- Banda muerta 8° máximo, 4° típico
- Este sensor es compatible con Dispositivos GSM de evaluación eólica en sitio

Figura 17 Veleta de Viento

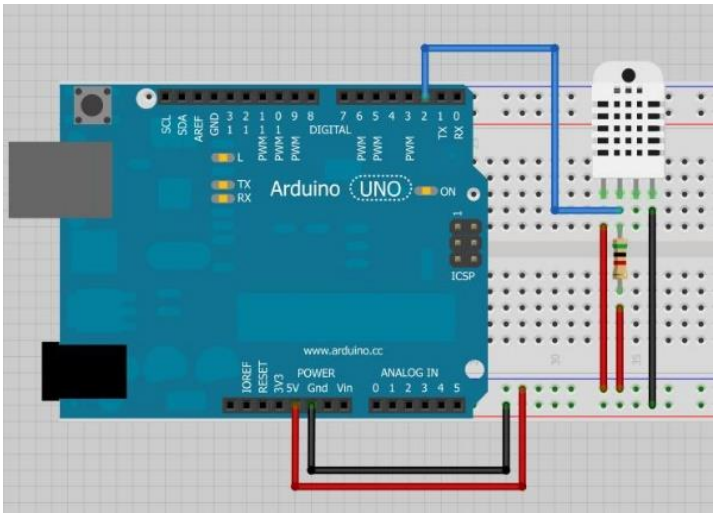
ARDUBOARD UNO R3

Figura 18 Componentes, entradas y salidas Arduino Uno



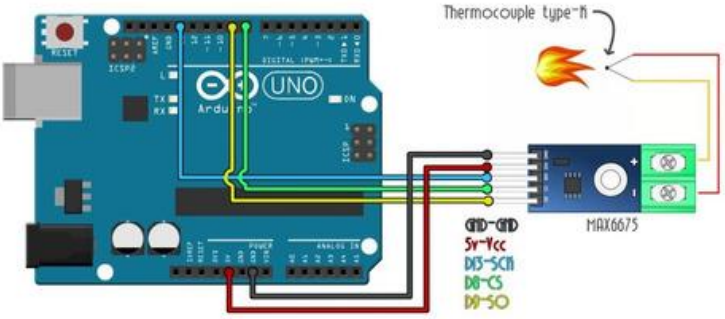
3.2.1 SENSOR DE TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA DHT22 (AM2302)

Figura 19 Conexión DHT22



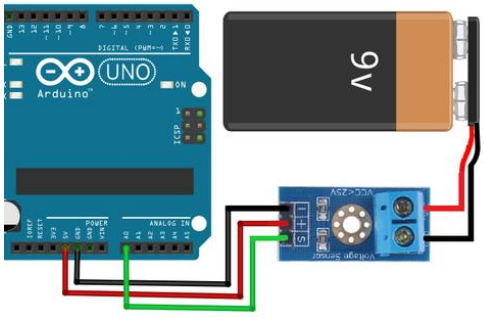
3.2.2 TERMOCUPLA K + TRANSMISOR MAX6675

Figura 20 Conexión Termocupla K



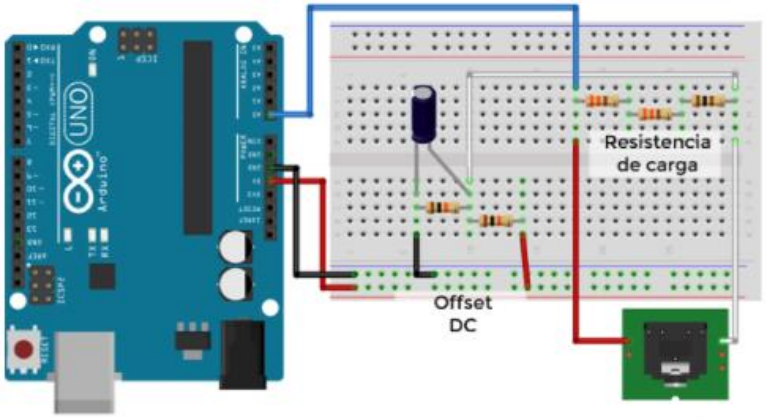
3.2.3 FZ0430

Figura 21 Conexión FZ0430



3.2.4 SENSOR DE CORRIENTE AC 100A NO INVASIVO - SCT-013-000

Figura 22 Conexión Sensor de corriente AC 100A SCT-013-000



3.2.5 MÓDULO LECTOR DE MEMORIA MICRO SD CARD

Figura 23 Conexión Modulo lector de memoria Micro SD Card

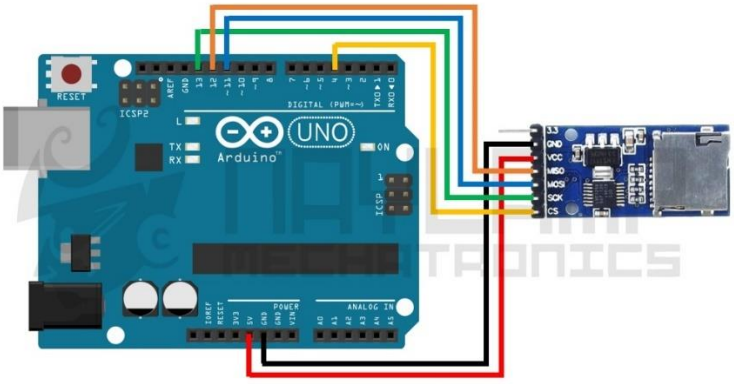
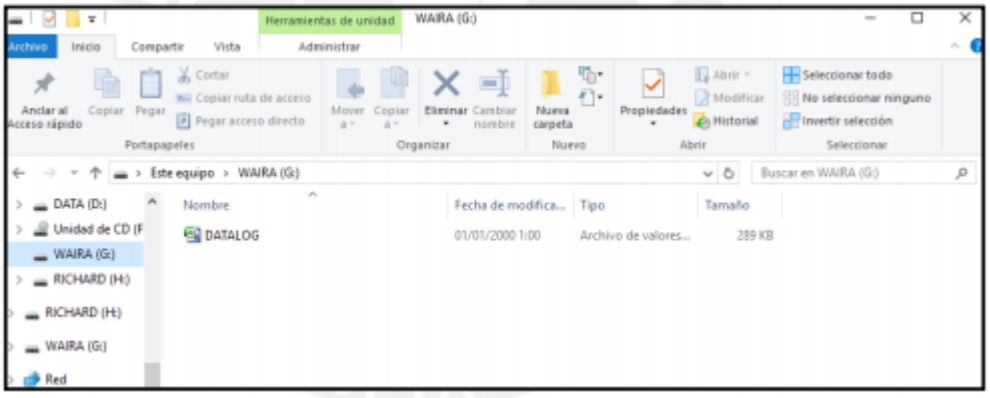
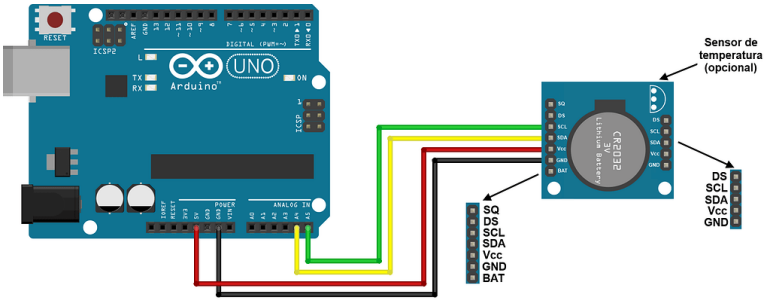


Figura 24 Carpeta creada para la toma de datos



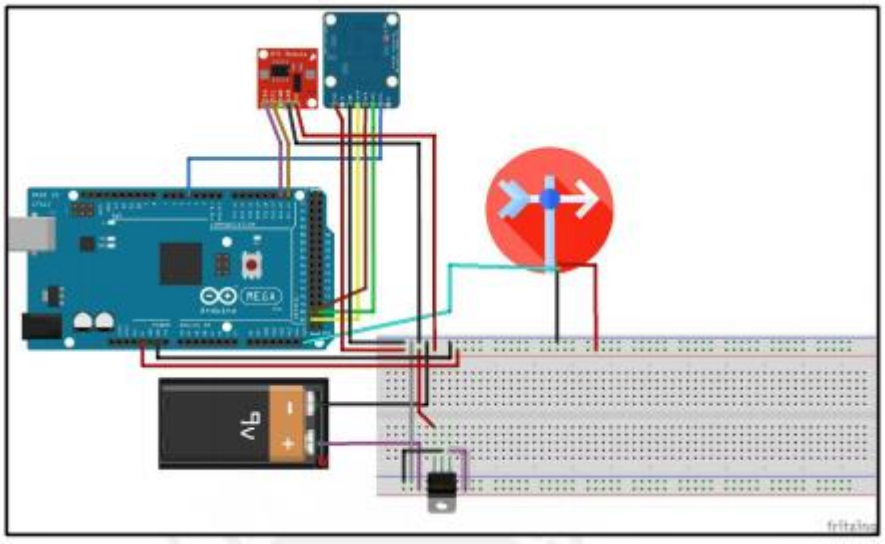
3.2.6 MÓDULO RTC DS3231 + EEPROM AT24C32 (I2C)

Figura 25 Conexión RTC DS3231



3.3 DIAGRAMA DE CONEXIONES DE LOS SENSORES YA INSTALADOS

Figura 26 Conexión de veleta a Arduino



En la figura se observa a la veleta censando valores de posición angular, para esto se giró la veleta en distintas posiciones para observar su variación. Esta placa interactúa con el Arduino UNO mediante un conector Berg de 20 pines. Así mismo, se usará otro conector Berg de 8 pines para brindar alimentación de +5VDC y GND a los distintos periféricos que lo requieran. Una bornera de 4 canales se usará para conectar el transformador necesario en la medición de tensión

AC y otra bornera de 4 canales censará para la alimentación de esta placa. La placa Central trabaja directamente sobre las señales de censado.

Los datos serán almacenados en formato CSV (Valores Separados por Coma por sus siglas en inglés) para que luego puedan ser vistos y evaluados usando el software Microsoft Office Excel. En la figura 28 se muestra un ejemplo de datos guardados en este formato y representados en Excel.

Figura 28 Datos guardados

B	C	D	E	F	G	H	I
Hora	Vac1	Iac1	Vdc1	Idc1	IntLum	DirViento	VelViento
19:49:56	225.35	60.43	109.31	0.09	183.65	355	47.04
19:50:39	226.57	60.33	109.78	0.09	183.65	355	39.36
19:50:54	222.29	60.33	109.9	0.09	183.65	224.52	39.37
19:51:22	224.43	60.33	110.01	-0.24	20.74	181.84	21.77
19:51:37	223.82	60.43	110.01	-0.24	20.74	179.06	8.01
19:52:06	226.57	60.12	110.13	0.09	20.74	163.1	8.01
19:52:21	0	60.22	110.01	0.09	94.79	180.45	8.01
19:52:36	222.85	60.33	110.04	43.75	94.79	180.8	8.01
19:52:51	224.07	60.33	109.69	0.09	94.79	181.49	8.01
19:53:06	227.43	60.43	110.04	0.09	26.66	233.89	19.56
19:53:21	3.97	60.22	109.92	0.09	26.66	271.72	17.98
19:53:36	0	1.05	109.8	0.09	26.66	323.77	18.07
19:53:51	0.61	0	109.92	0.09	0	0	18.07
19:54:06	92.19	54.46	109.8	0.09	0	0	18.07
19:54:21	168.21	54.88	109.69	0.09	0	60.38	30.81
19:54:36	214.61	55.09	95.62	0.09	0	77.04	28.32
19:54:51	211.56	54.88	94.1	37.89	0	137.07	28.32
19:55:06	0.31	54.88	94.1	37.23	0	125.97	38.2
19:55:21	0.31	0	94.22	38.21	0	90.57	36.8
19:55:36	0.61	50.59	94.22	37.56	0	274.14	37.99
19:55:51	0.61	50.48	94.1	37.56	0	0	37.98
19:56:06	0.61	11.31	94.1	0.09	0	333.83	45.69

3.4 ANÁLISIS DE RESULTADOS

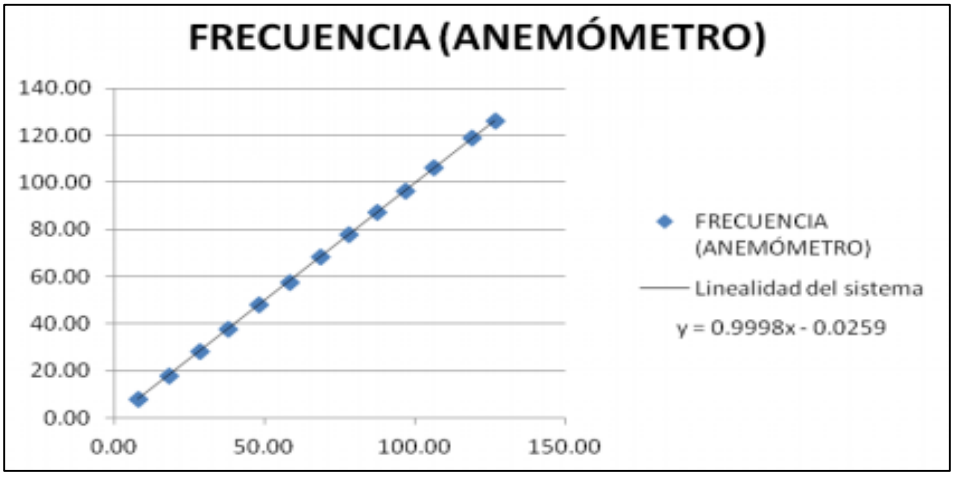
Para el análisis de resultados se procedió a adquirir una serie de valores distribuidos a través de su rango para cada sensor con el fin de evaluar la exactitud y linealidad del sistema. Así mismo, para cada valor se tomarán mediciones a fin de calcular la precisión del instrumento.

Las fórmulas utilizadas son las siguientes: Precisión = Desviación Estándar (medida1, medida2, medida3), Exactitud = Error relativo ((medida promedio - referencia) /referencia) … (5) La tabla 1 muestra los datos y cálculos de frecuencia realizados para el anemómetro, mientras que la figura 29 ilustra la linealidad de las mediciones para el anemómetro.

Tabla 1 Datos y cálculos de frecuencia

	DATOS					CÁLCULOS	
Valor Referencial	Mediciones del Sistema				Medición de Osciloscopio Tektronix	Precisión	Error de medición (%)
	medida 1	medida 2	medida 8	promedio			
8.00	8.01	8.01	8.01	8.01	8.00	0.00	0.12
18.00	18.07	18.07	18.07	18.07	18.05	0.00	0.11
28.00	28.32	28.32	28.32	28.32	28.25	0.00	0.25
38.00	37.98	37.98	37.98	37.98	37.88	0.00	0.26
48.00	48.05	48.05	48.05	48.05	48.08	0.00	-0.06
58.00	57.91	57.91	57.91	57.91	58.47	0.00	-0.96
68.00	68.31	68.31	68.31	68.31	68.50	0.00	-0.28
78.00	77.96	77.96	77.96	77.96	77.88	0.00	0.10
88.00	87.44	87.44	87.44	87.44	87.41	0.00	0.03
98.00	96.73	96.73	96.73	96.73	96.71	0.00	0.02
108.00	106.44	106.44	106.44	106.44	106.40	0.00	0.04
118.00	119.14	119.14	119.12	119.13	119.10	0.01	0.03
125.00	126.47	126.49	126.50	126.49	126.60	0.02	-0.09
					PROMEDIO	**0.00**	**-0.03**

Figura 27 Toma de datos lineal del arduino



La tabla 2 muestra los datos y cálculos realizados para la veleta, mientras que la figura 30 ilustra la linealidad de las mediciones para la veleta

Tabla 2 Datos y cálculos de ángulo de la veleta

	DATOS				CÁLCULOS	
Valor Referencial	Mediciones del Sistema				Precisión	Error de medición (%)
	medida 1	medida 2	medida 8	promedio		
0.00	0.69	0.69	0.69	0.69	0.00	-
45.00	39.91	39.91	39.91	39.91	0.00	-11.31
90.00	90.61	90.61	90.61	90.61	0.00	0.68
135.00	136.38	136.38	136.38	136.38	0.00	1.02
180.00	181.14	181.14	181.14	181.14	0.00	0.63
225.00	233.89	233.89	233.89	233.89	0.00	3.95
270.00	272.41	272.41	272.41	272.41	0.00	0.89
315.00	324.46	324.46	324.46	324.46	0.00	3.00
				PROMEDIO	**0.00**	**-0.16**

Figura 28 Toma de datos lineal Veleta -Arduino

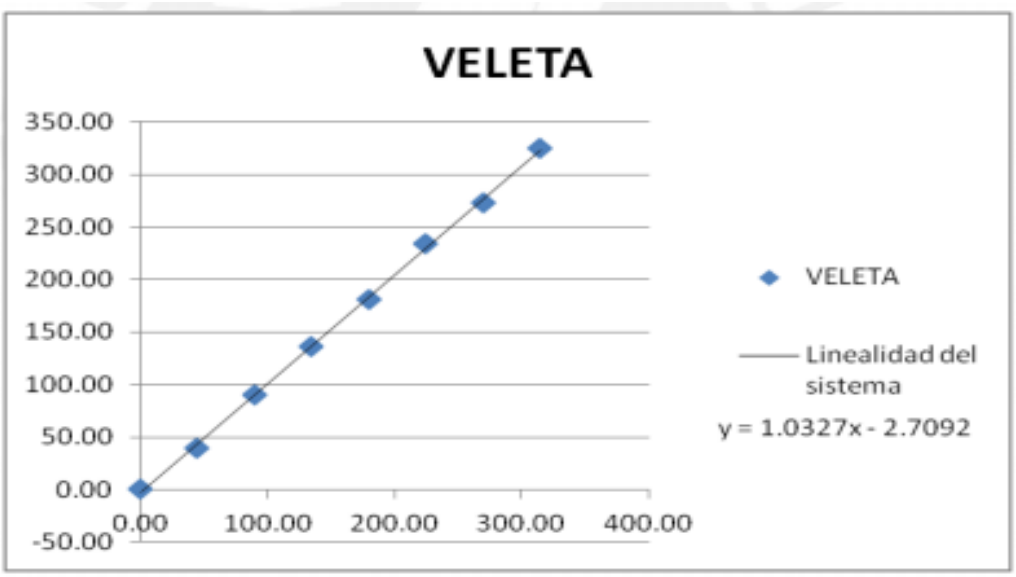


Figura 29 valores de voltajes obtenidos en la interpolación lineal para el rango de 1 a 425 RPM

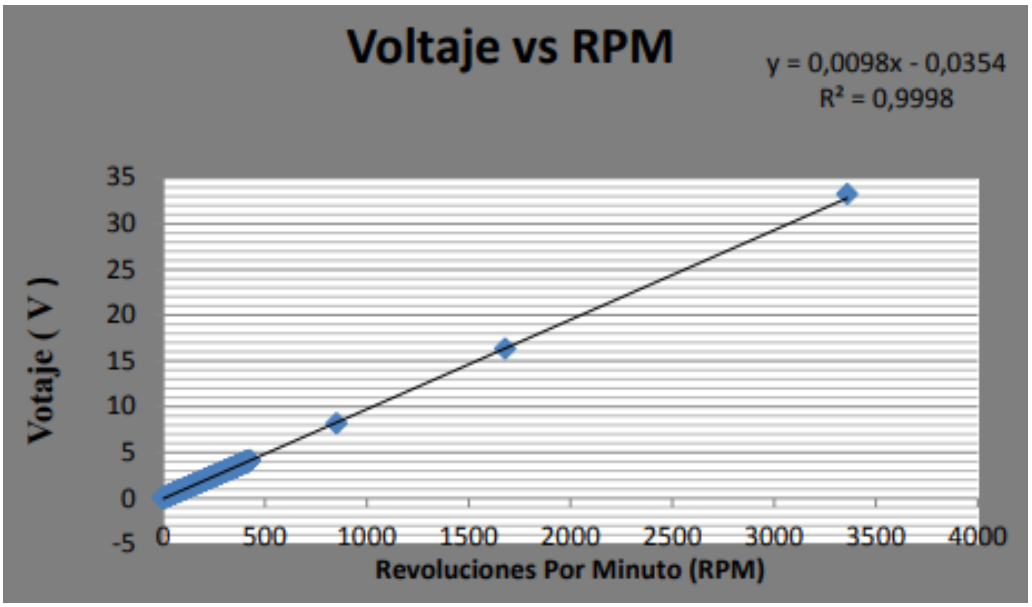


Figura 30 Conexión De Los Componentes Del Sistema De Captación De Datos

3.5 REGISTRO DE DATOS DEL SENSOR DE TENSIÓN DC (CORRIENTE DIRECTA)

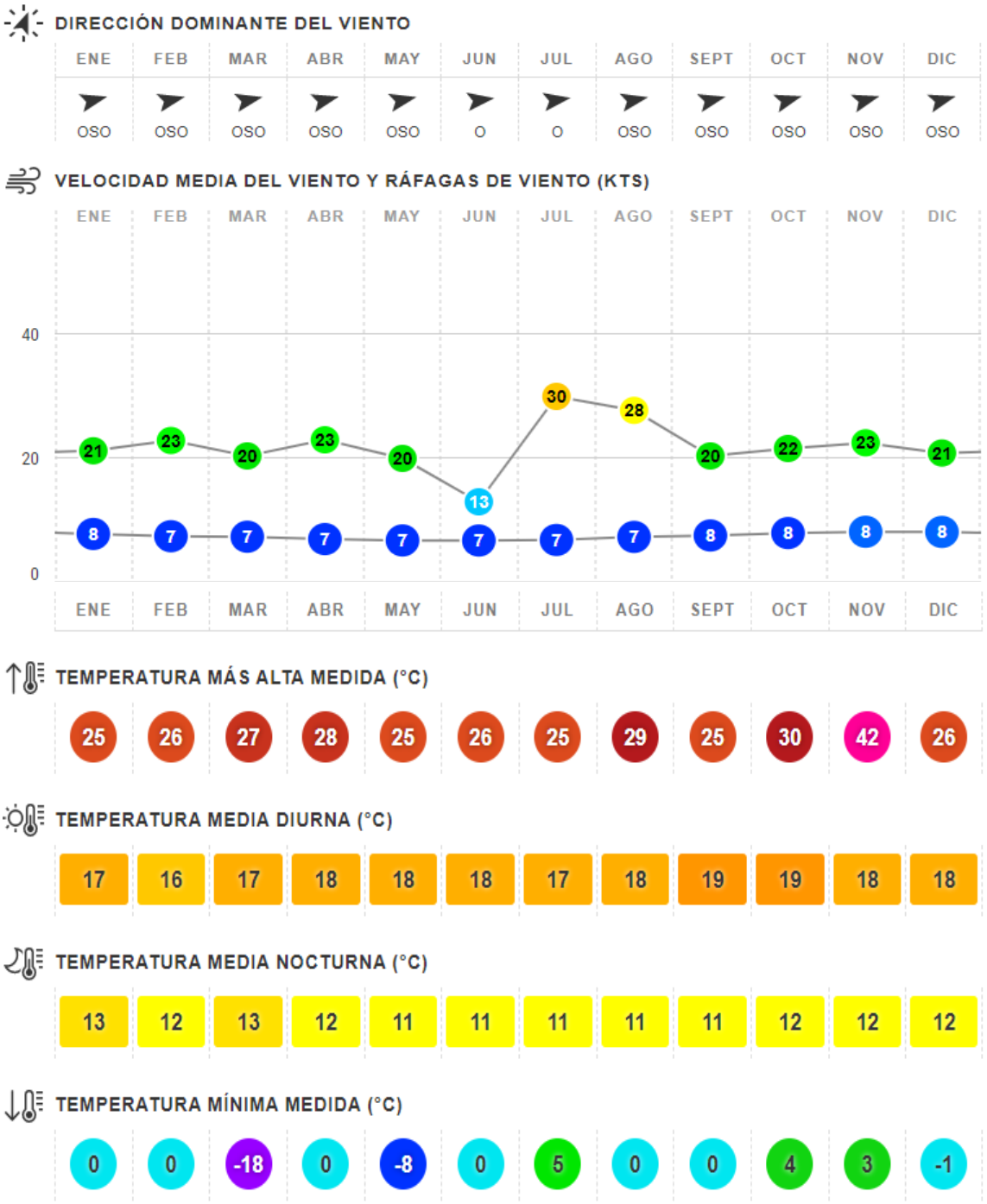
Tabla 3 Datos y cálculos del sensor de tensión DC

Valor	DATOS					CÁLCULOS	
	MEDICIÓN DEL SISTEMA				MEDICIÓN	PRECISIÓN	ERROR DE
REFERENCIAL	Medida 1	Medida 2	Medida 3	Promedio	Fluke	Medición (%)	
15	14.77	14.77	14.77	14.77	15.22	0	-2.96
30	29.65	29.65	29.65	29.65	30.33	0	-2.24
40	39.55	39.55	39.55	39.55	40.2	0	-1.62
50	49.7	49.7	49.7	49.7	49.7	0	0.00
65	64.7	64.7	64.7	64.7	64.87	0	-0.26
73	72.7	72.7	72.7	72.7	72.87	0	-0.23
80	79.7	79.7	79.7	79.7	79.87	0	-0.21
87	86.7	86.7	86.7	86.7	86.87	0	-0.20
95	94.7	94.7	94.7	94.7	94.87	0	-0.18
100	99.7	99.7	99.7	99.7	99.87	0	-0.17
110	109.7	109.7	109.7	109.7	109.87	0	-0.15
					PROMEDIO	0	-0.75

Figura 32 Estadísticas mensuales de la velocidad del viento y direcciones para Arequipa aeropuerto

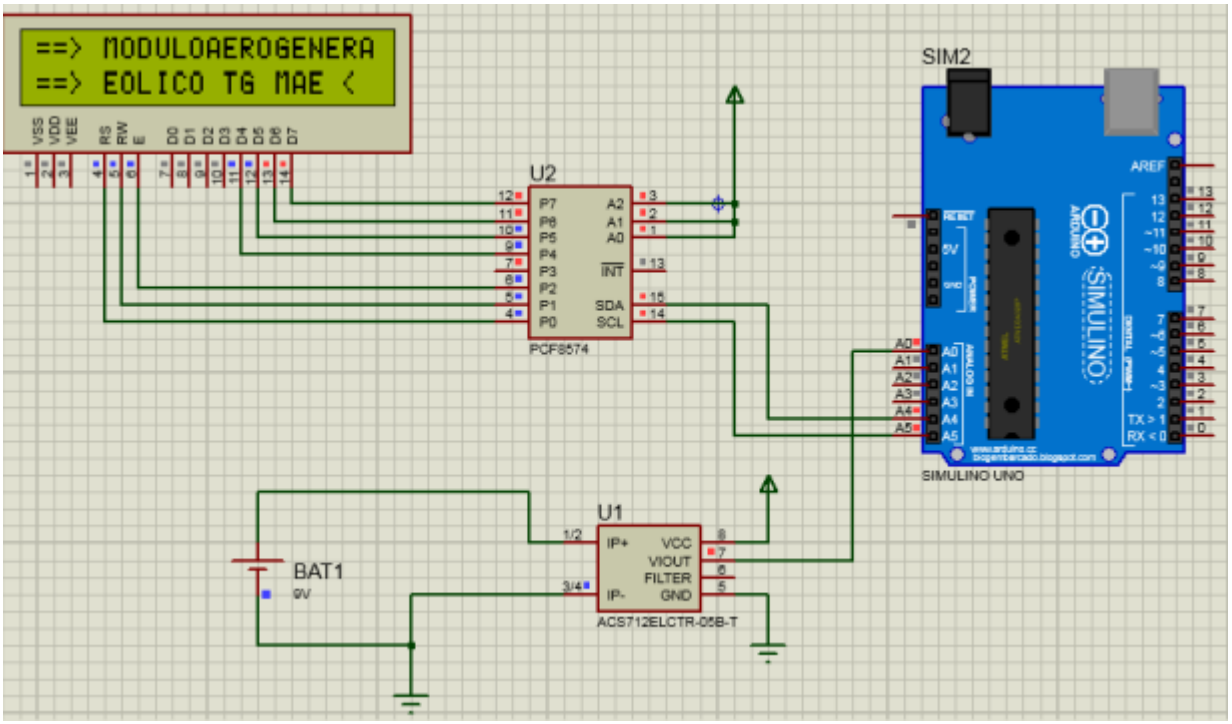
MEDICION	Velocidad viento Kst	TEMPERATURA AMBIENTE	HUMEDAD AMBIENTE	VOLTAJE	CORRIENTE
1	29	30°C	0.15	11.51	2.46
2	25	21°C	0.15	12.16	2.66
3	28	25°C	0.15	11.44	2.93
4	30	30°C	0.15	13.13	2.95
5	28	18°C	0.15	12.81	2.86
6	21	28°C	0.15	13.19	1.72
7	24	21°C	0.15	11.82	1.59
8	23	18°C	0.15	13.00	1.90
9	22	20°C	0.15	12.35	2.30
10	22	20°C	0.15	12.54	2.70
11	30	23°C	0.15	11.87	3.13
12	23	27°C	0.15	12.10	1.60
13	22	28°C	0.15	11.75	3.32
14	30	23°C	0.15	12.98	2.36
15	30	19°C	0.15	12.28	2.78
16	29	18°C	0.15	11.31	2.11
17	26	25°C	0.15	12.27	2.91
18	26	21°C	0.15	11.74	2.98
19	24	21°C	0.15	12.30	1.76
20	24	25°C	0.15	12.90	1.89

Figura 35 Estadísticas de la temperatura para Arequipa



3.6 AEROGENERADOR CON SISTEMA DE MEDICIÓN DE GIRO

Diseño eléctrico: Primero se conectó mediante un bushing maquinado en torno y con prisioneros, un módulo Encoder modelo KY-040 para Arduino con el eje de salida de la maqueta, este Encoder se lo conectó a un microcontrolador marca Arduino y modelo Uno para poder energizarlo.



CAPITULO IV CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

PRIMERO. Al finalizar el trabajo de tesis, se obtuvieron las siguientes conclusiones y observaciones:

SEGUNDO. Se concluye que el sistema de monitoreo desarrollado, logra recopilar satisfactoriamente los parámetros eléctricos y atmosféricos tal como se muestra en las tablas de resultados presentados en el punto 3.4 Análisis de Resultados.

TERCERO. El sistema de monitoreo es confiable pues se esperaba un error no mayor al 2%, y este presenta un error de medición menor al 1.5% para los parámetros DC (tensión y corriente) incluso menor al 0.5% para los demás parámetros.

CUARTO. La precisión del sistema es favorable, siendo menor a 0.04 unidades en todos los parámetros excepto la tensión alterna, donde la precisión es de 0.33V.

QUINTO. Los componentes utilizados pueden ser conseguidos localmente, con excepción de los sensores; por lo tanto, su implementación puede ser replicada fácilmente en universidades.

SEXTO. Se puede observar que el sistema de monitoreo implementado requiere de una calibración previa al funcionamiento.

4.2 RECOMENDACIONES

Para que el sistema de monitoreo desarrollado pueda ser replicado y mejorado se recomienda lo siguiente:

PRIMERO. Los valores de las resistencias deben ser medidos previamente para determinar con exactitud su valor real, y así poder calcular la función de transferencia exacta entre los parámetros de entrada y los valores del microcontrolador.

SEGUNDO. La relación de conversión de la señal AC a DC se debe ajustar mediante mediciones a la entrada y salida del convertidor.

TERCERO. Se debe aplicar tensiones o valores offset a las señales que así lo requieran.

CUARTO. Debido a que el sistema de referencia de tensión es el mismo para todo el sistema, las señales de tensión DC a sensar deben tener una referencia común (GND) con el fin de evitar cortocircuitos.

QUINTO. Se recomienda sensar señales DC libres de ruido, por lo tanto, usar filtros que posibiliten su medición.

SEXTO. Se recomienda conectar y desconectar la tarjeta microSD cuando el sistema no se encuentre energizado.

SÉPTIMO. Se sugiere realizar mayores experimentaciones para validar el funcionamiento del equipo.

OCTAVO. Es recomendable tener un mayor número de valores para evaluar la precisión y exactitud.

NOVENO. Es necesario calcular la capacidad de datos que se pueden almacenar en una tarjeta microSD de determinada capacidad y periodo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Quing LI, Zhao XU and Li YANG, “Recent advancements on the development of microgrids”, in J. Mod. Power Syst. Clean Energy, pp. 206- 211, 2014

[2] W. Saad, Z. Han, H. V. Poor and T. Basar, "Game-Theoretic Methods for the Smart Grid: An Overview of Microgrid Systems, Demand-Side Management, and Smart Grid Communications," in IEEE Signal Processing Magazine, vol. 29, no. 5, pp. 86-105, Sept. 2012.

[3] F. Ramon, “Implantación de energías renovables en una planta de producción de amoniaco”, Universidad de Sevilla, Escuela Susperior de Ingenieros. Sept. 2012, revisado en Junio 2017. [Online]. <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/5145/fichero/3.+%C2%BFQu%C3%A9+es+una+microrred.pdf>

[4] National Renewable Energy Laboratory, US Department of Energy, Office of Energy Efficiency and Renewable Energy, “Learning About Renewable Energy”, revisado en Junio 2017. [Online]. <https://www.nrel.gov/workingwithus/learning.html>

[5] National Renewable Energy Laboratory, US Department of Energy, Office of Energy Efficiency and Renewable Energy, “Solar Photovoltaic Technology Basics”, revisado en Junio 2017. [Online]. <https://www.nrel.gov/workingwithus/re-photovoltaics.html>

[6] National Renewable Energy Laboratory, US Department of Energy, Office of Energy Efficiency and Renewable Energy, “Wind Energy Basics”. Revisado en Junio 2017. [Online]. <https://www.nrel.gov/workingwithus/re-wind.html>

[7] M. Agrawal and A. Mittal, "Parameter logging & remote monitoring for microgrid demonstration project," 2014 Innovative Applications of Computational Intelligence on Power, Energy and Controls with their impact on Humanity (CIPECH), Ghaziabad, 2014, pp. 422-426.

[8] F. Bernal, N. Cancino and E. Gaona, "Measurement infrastructure on microgrids using wireless sensors," 2015 Workshop on Engineering Applications - International Congress on Engineering (WEA), Bogotá, 2015, pp. 1-5.

[9] P. Goosen, I. M. Prinsloo and R. Pelzer, "Simplified performance monitoring of energy systems," 2014 International Conference on the Eleventh industrial and Commercial Use of Energy, Cape Town, 2014, pp.1-4.

[10] C. Belhadj-Yahya, "Performance monitoring of solar stand alone power systems," 2010 IEEE International Energy Conference, Manama, 2010, pp. 412-416.

[11] C. B. Yahya, "Performance monitoring of solar photovoltaic systems using reference cells," 2008 International Conference on Microelectronics, Sharjah, 2008, pp. 445-449.

ANEXOS

ANEXO A: CÓDIGO ARDUINO

ANEXO B: FICHA TECNICA DE COMPONENTES UTILIZADOS

ANEXO A: CÓDIGO ARDUINO

```
/*
Conecte el cable de señal de voltaje(Cable amarillo) a la interfaz analógica Arduino:
Cable Amarillo<---->A0
Cable Negro<---->Gnd
Cable Rojo de 9 a 24 voltios
*/
#include "U8glib.h"//Librería para el control del display oled
U8GLIB_SH1106_128X64 u8g(U8G_I2C_OPT_NONE);// I2C / TWI // Se habilita esta linea según el display a usar en este caso el driver SH1106
int velocidad;
float voltaje;
int buzzer = 13;
 void setup()
 {
   pinMode(buzzer, OUTPUT);//Configuramos el pin 13 como salidad para el buzzer
   Serial.begin(9600);//Velocidad del puerto serial
 }
 void loop()
 {
   int valorAnemometro = analogRead(A0);//Leemos el pin analógico A0
   voltaje = valorAnemometro * (5.0 / 1023.0);//Convertimos ese valor en voltaje
   //imprimimos el voltaje en el terminal serial
```

```
  Serial.print("voltaje = ");
  Serial.print(voltaje);
  Serial.println("V");
  //Multiplicamos el voltaje por 6, y obtenemos la velocidad del viento en metros por segundos
  velocidad = 6*voltaje;//El nivel de velocidad del viento es proporcional al voltaje de salida.
  Serial.print("La velocidad del viento en metros x segundos es: ");
  Serial.print(velocidad);
  Serial.println(" M/Seg");
  Serial.print("La velocidad del viento en Km x hora es: ");
  //Convertimos la velocidad en km por hora
  Serial.print(velocidad*3.6);//Multiplicar x 3.6 para pasar a Km/H
  Serial.println(" Km/H");
  delay(100);
//Si le velocidad es mayor o igual a 3 metros x segundos suena el buzzer
  if(velocidad >=3){
  digitalWrite(buzzer, HIGH);
  }else{
   digitalWrite(buzzer, LOW);
   }
//Display
   u8g.firstPage();
  do {
   draw();//Llama a la función draw
```

```
  } while( u8g.nextPage() );
 }
//Función para mostrar los datos en el display
 void draw(void) {
  //Imprimimos en pantalla el valor de la frecuencia obtenida
  u8g.setFont(u8g_font_unifont);
  u8g.setPrintPos(0, 20);
  u8g.print("M/Seg: ");
  u8g.print(velocidad);//Mostramos en el display la velocidad en metros por segundos
  u8g.setPrintPos(0, 40);
  u8g.print("Km/H:");
  u8g.print(velocidad*3.6);//Convertimos la velocidad en km por hora
  u8g.setPrintPos(0, 60);
  u8g.print("Voltaje:");//Mostramos el voltaje en el display
  u8g.print(voltaje);
  u8g.print("V");
  }
```

ANEXO B: FICHA TECNICA DE COMPONENTES UTILIZADOS

SPECIFICATIONS

200P Wind Direction Vane

FEATURES

- The standard wind direction vane used in the wind energy industry
- Simple, durable design
- Corrosion-resistant materials

The #200P wind direction vane is the industry standard wind direction vane used worldwide. The thermoplastic and stainless steel components resist corrosion and contribute to a high strength-to-weight ratio. The vane is directly connected to a precision conductive plastic potentiometer located in the main body. An analog voltage output directly proportional to the wind direction is produced when a constant DC excitation voltage is applied to the potentiometer. A rubber terminal boot is included.

SPECIFICATIONS

Description	Sensor type	continuous rotation potentiometric wind direction vane
	Applications	• wind resource assessment • meteorological studies • environmental monitoring
	Sensor range	360° mechanical, continuous rotation
Output signal	Signal type	Analog DC voltage from conductive plastic potentiometer, 10K ohms
	Transfer function	Output signal is a ratiometric voltage
	Accuracy	potentiometer linearity within 1%
	Dead band	8° Maximum, 4° Typical
	Output signal range	0 V to excitation voltage (excluding deadband)
Power requirements	Supply voltage	Regulated potentiometer excitation of 1 V to 15 V DC
Response characteristics	Threshold	1 m/s (2.2 miles per hour)
Installation	Mounting	onto a 13 mm (0.5 inch) diameter mast with cotter pin and set screw
	Tools required	0.25 inch nut driver, petroleum jelly, electrical tape
Environmental	Operating temperature range	-55 °C to 60 °C (-67 °F to 140 °F)

SPECIFICATIONS

	Operating humidity range	0 to 100% RH
	Lifespan	50 million revolutions (2-6 years normal operation)
Physical	Connections	4-40 brass hex nut/post terminals
	Weight	0.14 kg (0.3 pounds)
	Dimensions	• 21 cm (8.3 inches) length x 12 cm (4.3 inches) height • 27 cm (10.5 inches) swept diameter
Materials	Body	black UV stabilized static-dissipating plastic
	Shaft	stainless steel
	Bearing	stainless steel
	Wing	black UV stabilized injection molded plastic
	Boot	protective PVC sensor terminal boot included
	Terminals	brass

LAPIS SEMICONDUCTOR

FEDL8511-05
Issue Date: March 08, 2013

ML8511

UV Sensor with Voltage Output

GENERAL DISCRIPTION

The ML8511 is a UV sensor, which is suitable for acquiring UV intensity indoors or outdoors. The ML8511 is equipped with an internal amplifier, which converts photo-current to voltage depending on the UV intensity. This unique feature offers an easy interface to external circuits such as ADC. In the power down mode, typical standby current is 0.1μA, thus enabling a longer battery life.

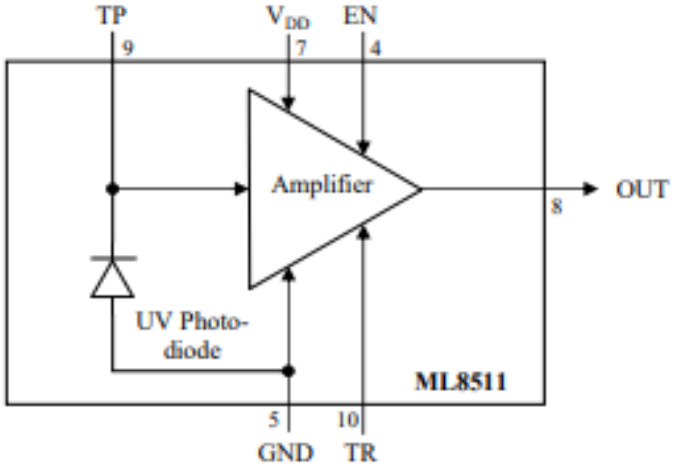
FEATURES

- Photodiode sensitive to UV-A and UV-B
- Embedded operational amplifier
- Analog voltage output
- Low supply current (300μA typ.) and low standby current (0.1μA typ.)
- Small and thin surface mount package (4.0mm x 3.7mm x 0.73mm, 12-pin ceramic QFN)

APPLICATIONS

- Smart phone, Watch, Weather station,Bicycle navigation, Accessary, Gaming

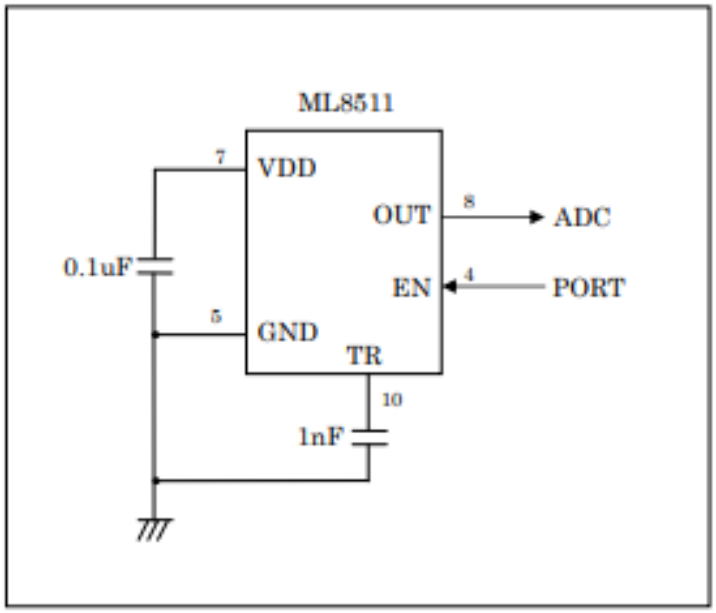
BLOCK DAIAGRAM



PIN CONFIGURATIONS

Pin	Symbol	I/O	Function
7	VDD	PW	Supply voltage. Decouple this pin to ground with 0.1 μF capacitor.
5	GND	PW	Ground
4	EN	I	Active high enable pin. (High: Active mode, Low: Standby mode)
8	OUT	O	Output (Low in power down or standby mode)
9	TP	I/O	Test pin. Do not connect.
10	TR	I/O	Internal reference voltage. Decouple this pin to ground with 1 nF capacitor.
1,2,3, 6,11,12	NC	-	No Connection. Do not connect.

EXAMPLE OF CONNCTING DIAGRAM



* Load resistance of OUT port is recommended more than 100 kΩ.

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Parameter	Symbol	Condition	Rating	unit
Supply Voltage	V_{DD}	Ta=25 °C	-0.3 to +4.6	V
Input Voltage	V_I	Ta=25 °C	-0.3 to +4.6	V
Output Short Current	I_{OS}	Ta=25 °C	5	mA
Power Dissipation	P_D	Ta=25 °C	30	mW
Storage Temperature	T_{stg}	-	-30 to +85	°C

RECOMENTED OPERATION CONDITIONS

Parameter	Symbol	Min.	Typ.	Max.	unit
Operating Voltage	V_{DD}	2.7	3.3	3.6	V
Operating Temperature	Ta	-20	-	70	°C

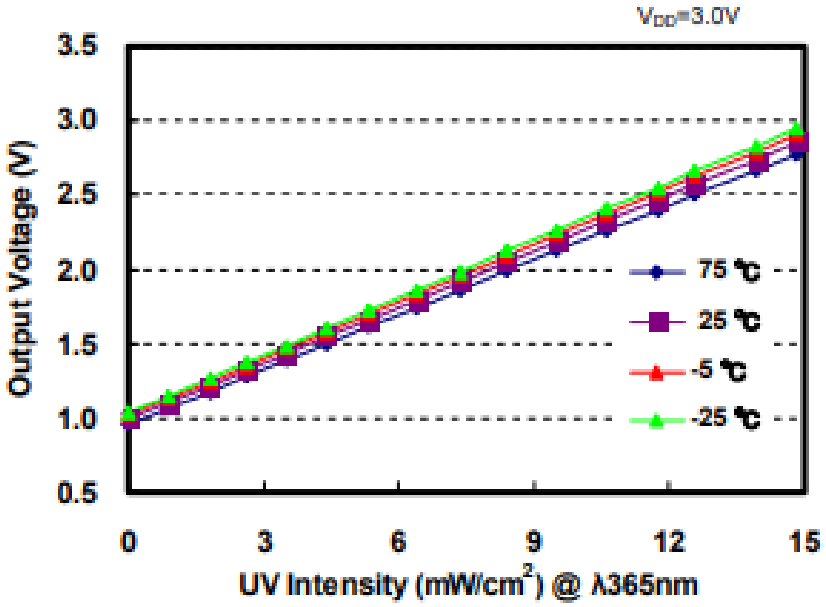
ELECTRO-OPTICAL CHARACTERISTICS

(V_{DD}=+2.7V to +3.6V, Ta= -20°C to +70°C)

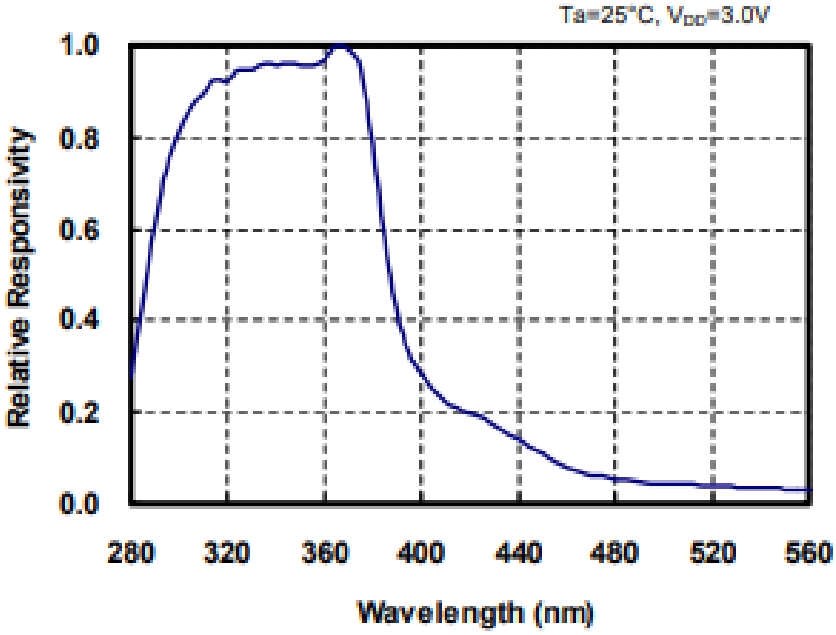
Parameter	Symbol	Condition	Min.	Typ.	Max.	unit
Supply Current (active mode)	I_{DDA}	$V_{EN}=V_{DD}$	-	300	500	µA
Supply Current (standby mode)	I_{DDS}	V_{EN}=0	-	0.1	1	µA
Input Voltage (High level)	V_{IH}	-	V_{DD} × 0.8	-	V_{DD} + 0.3	V
Input Voltage (Low level)	V_{IL}	-	-0.2	-	0.72	V
High level input current	I_{IH}	$V_{EN}=V_{DD}$	-	-	1	µA
Low level input current	I_{IL}	V_{EN}=0	-1	-	-	µA
Wavelength of maximum sensitivity	λp	Ta=25°C	-	365	-	nm
Output Setup Time	T_{SU}	$V_{EN}=V_{DD}$	-	-	1	ms
Output Voltage (Shading) *	V_{REF}	Ta=25°C, $V_{EN}=V_{DD}$	0.95	1.0	1.05	V
Output Voltage (10mW/cm^2 at λp) *	V_O	Ta=25°C, $V_{EN}=V_{DD}$	2.08	2.2	2.32	V

* Load resistance of OUT port is recommended more than 100 kΩ.

OUTPUT VALTAGE– UV INTENSITY CHARCTERISTICS



SPECTRAL RESPONSIVILITY CHARACTERISTICS

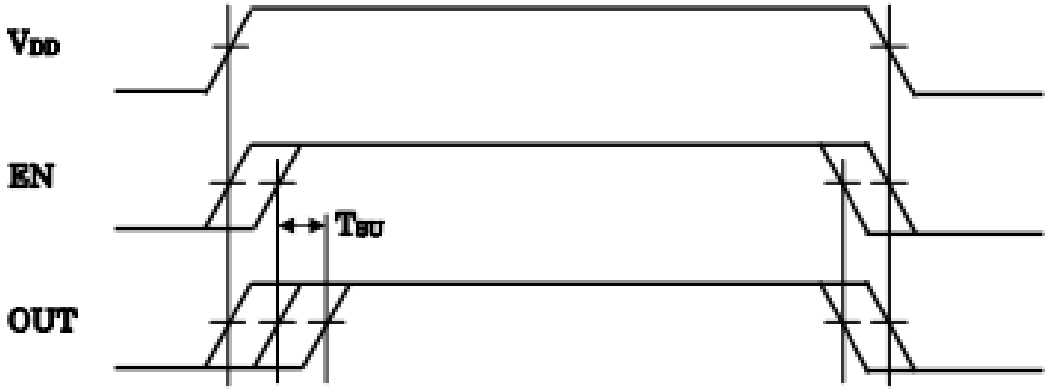


TIMING CHART

Supply voltage and EN signal state should take one of the following procedures:

1. EN should be HIGH or LOW at the same time when V_{DD} is applied.
2. EN should be HIGH or LOW while V_{DD} is applied.

Output should be read after output voltage level becomes stable. Maximum time required until stable output voltage reaches is 1 millisecond after EN goes HIGH.



Aosong(Guangzhou) Electronics Co.,Ltd

Tell: +86-020-36380552, +86-020-36042809 Fax: +86-020-36380562
http://www.aosong.com
Email: thomasliu198518@yahoo.com.cn_ sales@aosong.com
Address: No.56, Renhe Road, Renhe Town, Baiyun District, Guangzhou, China

Digital-output relative humidity & temperature sensor/module

AM2303

Capacitive-type humidity and temperature module/sensor

1. Feature & Application:

* Full range temperature compensated
* Relative humidity and temperature measurement
* Calibrated digital signal
*Outstanding long-term stability
*Extra components not needed
* Long transmission distance
* Low power consumption
*4 pins packaged and fully interchangeable

2. Description:

AM2303 output calibrated digital signal. It utilizes exclusive digital-signal-collecting-technique and humidity sensing technology, assuring its reliability and stability.Its sensing elements is connected with 8-bit single-chip computer.

Every sensor of this model is temperature compensated and calibrated in accurate calibration chamber and the calibration-coefficient is saved in type of programme in OTP memory, when the sensor is detecting, it will cite coefficient from memory.
Small size & low consumption & long transmission distance(20m) enable AM2303 to be suited in all kinds of harsh application occasions.

Single-row packaged with four pins, making the connection very convenient.

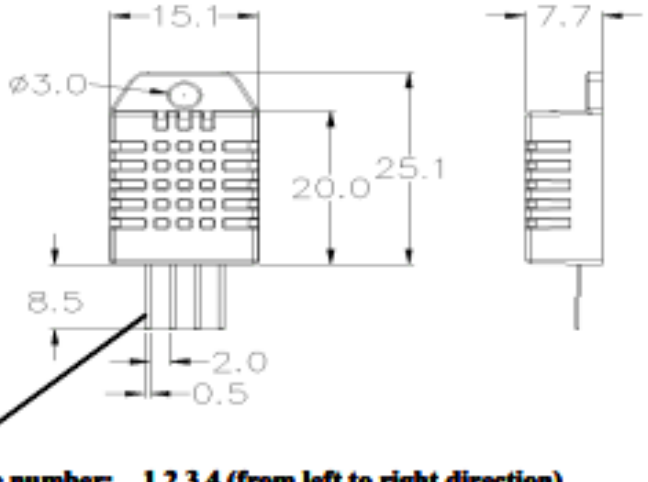
3. Technical Specification:

Model	AM2303
Power supply	3.3-6V DC
Output signal	digital signal via single-bus
Sensing element	Polymer humidity capacitor & DS18B20 for detecting temperature
Measuring range	humidity 0-100%RH; temperature -40~125Celsius

Tell: +86-020-36380552, +86-020-36042809 Fax: +86-020-36380562
http://www.aosong.com
Email: thomasliu19851[illegible]@yahoo.com.cn , sales@aosong.com
Address: No.56, Renhe Road, Renhe Town, Baiyun District, Guangzhou, China

Accuracy	humidity +-2%RH(Max +-5%RH);	temperature +-0.2Celsius
Resolution or sensitivity	humidity 0.1%RH;	temperature 0.1Celsius
Repeatability	humidity +-1%RH;	temperature +-0.2Celsius
Humidity hysteresis	+-0.3%RH	
Long-term Stability	+-0.5%RH/year	
Sensing period	Average: 2s	
Interchangeability	fully interchangeable	

4. Dimensions: (unit----mm)



Pin sequence number: 1 2 3 4 (from left to right direction).

Pin	Function
1	VDD----power supply
2	DATA--signal
3	NULL
4	GND

5. Operating specifications:

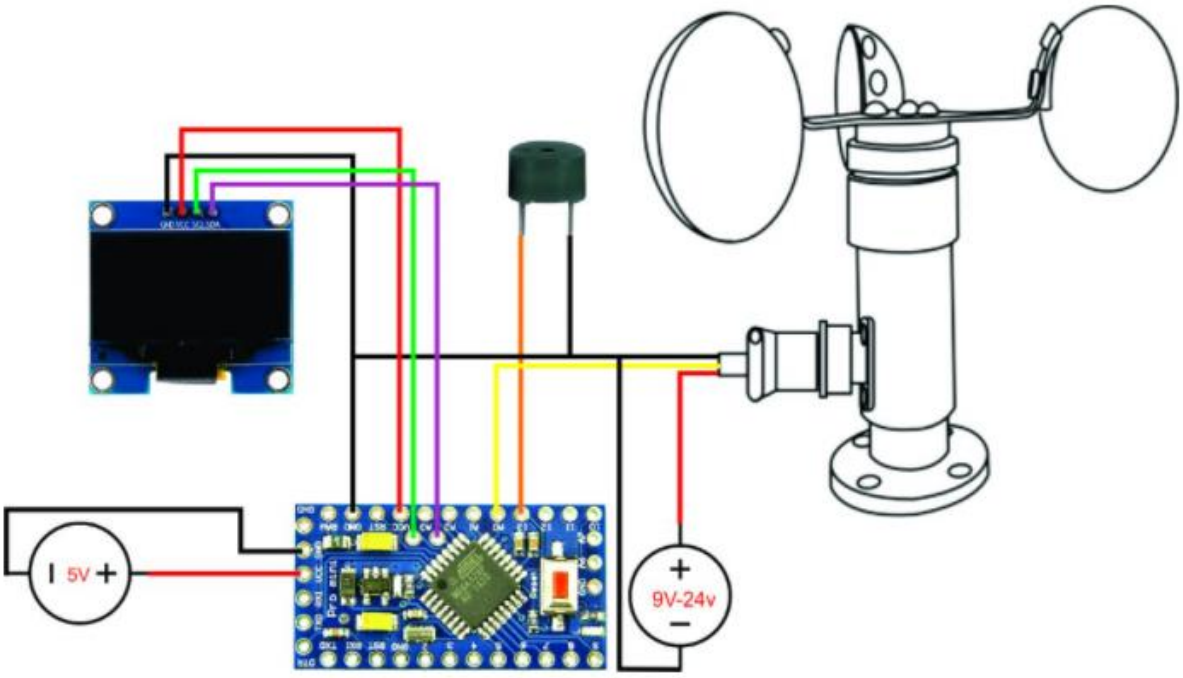
(1) Power and Pins

Power's voltage should be 3.3-6V DC. When power is supplied to sensor, don't send any instruction to the sensor within one second to pass unstable status. One capacitor valued 100nF can be added between VDD and GND for wave filtering.

(2) Communication and signal

Single-bus data is used for communication between MCU and AM2303, it costs 5mS for single time communication.

Circuito



Aosong(Guangzhou) Electronics Co.,Ltd

Tell: +86-020-36380552, +86-020-36042809 Fax: +86-020-36380562
http://www.aosong.com
Email: thomasliu198518@yahoo.com.cn sales@aosong.com
Address: No.56, Renhe Road, Renhe Town, Baiyun District, Guangzhou, China

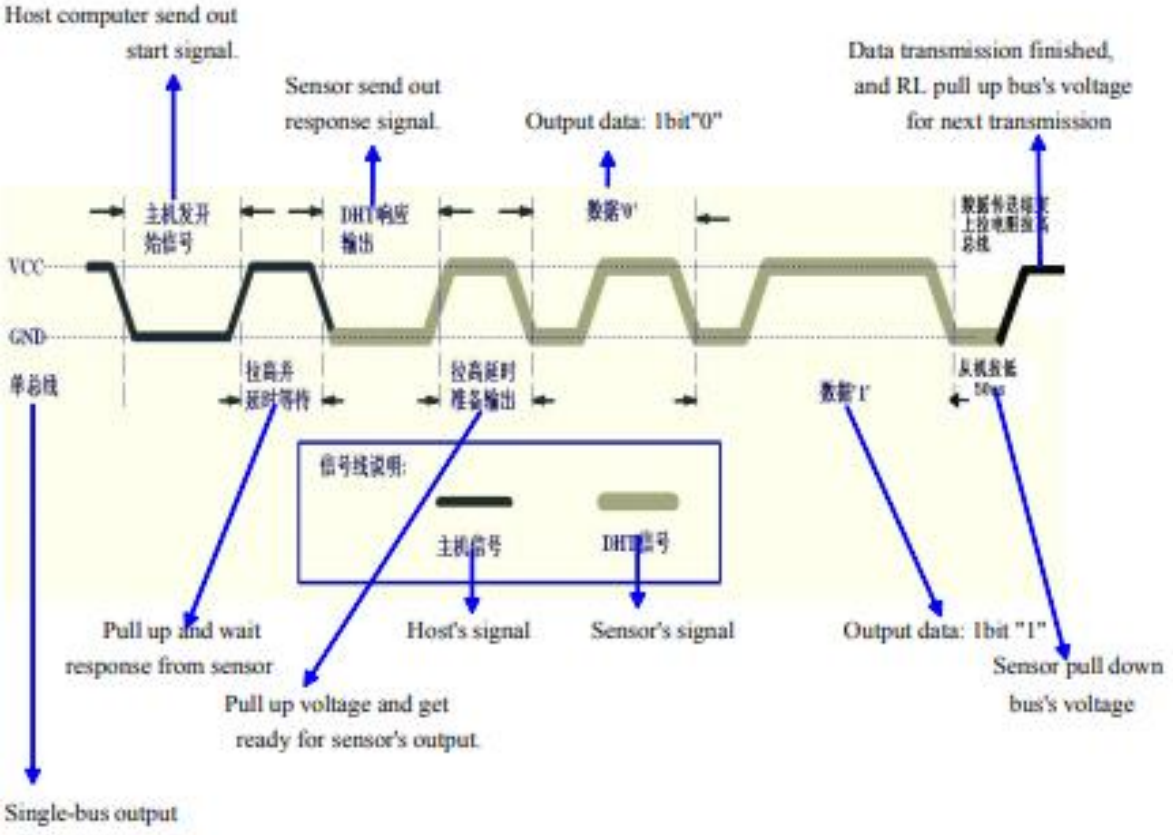
Data is comprised of integral and decimal part, the following is the formula for data.
AM2303 send out higher data bit firstly!

DATA=8 bit integral RH data+8 bit decimal RH data+8 bit integral T data+8 bit decimal T data+8 bit check-sum

If the data transmission is right, check-sum should be the last 8 bit of "8 bit integral RH data+8 bit decimal RH data+8 bit integral T data+8 bit decimal T data".

When MCU send start signal, AM2303 change from low-power-consumption-mode to running-mode. When MCU finishs sending the start signal, AM2303 will send response signal of 40-bit data that reflect the relative humidity and temperature information to MCU. Without start signal from MCU, AM2303 will not give response signal to MCU. One start signal for one time's response data that reflect the relative humidity and temperature information from AM2303. AM2303 will change to low-power-consumption-mode when data collecting finish if it don't receive start signal from MCU again.

1) Check bellow picture for overall communication process:



19-2235; Rev 1; 3/02

Cold-Junction-Compensated K-Thermocouple-to-Digital Converter (0°C to +1024°C)

General Description

The MAX6675 performs cold-junction compensation and digitizes the signal from a type-K thermocouple. The data is output in a 12-bit resolution, SPI™-compatible, read-only format.

This converter resolves temperatures to 0.25°C, allows readings as high as +1024°C, and exhibits thermocouple accuracy of 8LSBs for temperatures ranging from 0°C to +700°C.

The MAX6675 is available in a small, 8-pin SO package.

Features

- **Direct Digital Conversion of Type -K Thermocouple Output**
- **Cold-Junction Compensation**
- **Simple SPI-Compatible Serial Interface**
- **12-Bit, 0.25°C Resolution**
- **Open Thermocouple Detection**

Ordering Information

PART	TEMP RANGE	PIN-PACKAGE
MAX6675ISA	-20°C to +85°C	8 SO

Applications

Industrial

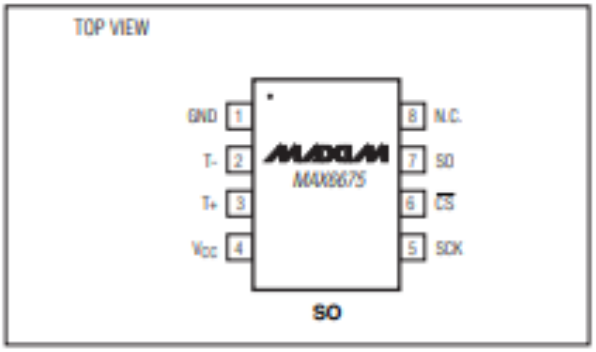
Appliances

HVAC

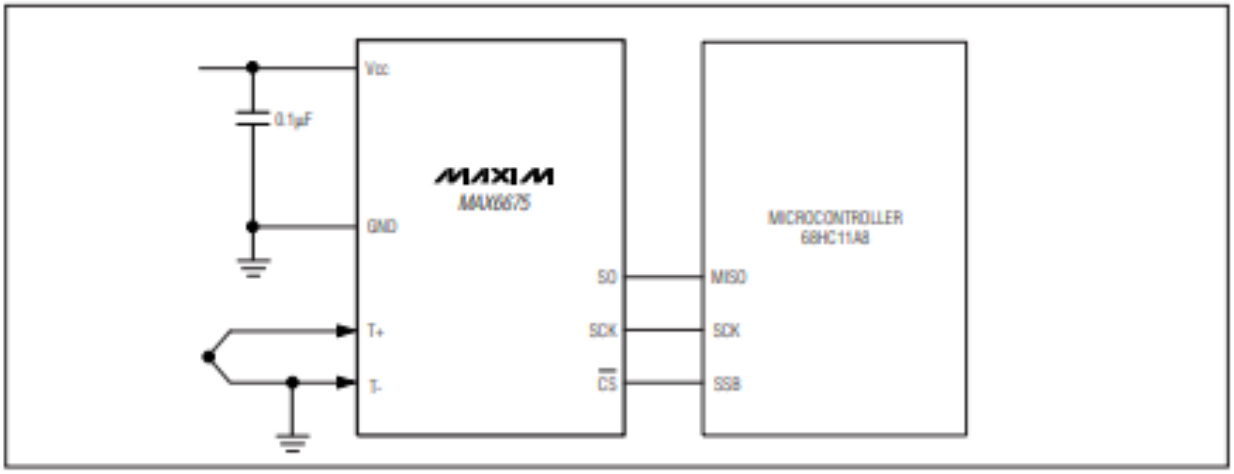
Automotive

SPI is a trademark of Motorola, Inc.

Pin Configuration



Typical Application Circuit



For pricing, delivery, and ordering information, please contact Maxim/Dallas Direct! at 1-888-629-4642, or visit Maxim's website at www.maxim-ic.com.

Cold-Junction-Compensated K-Thermocouple-to-Digital Converter (0°C to +1024°C)

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Supply Voltage (V_{CC} to GND) ..... -0.3V to +6V
SO, SCK, $\overline{CS}$, T-, T+ to GND ..... -0.3V to V_{CC} + 0.3V
SO Current 50mA
ESD Protection (Human Body Model) ..... ±2000V
Continuous Power Dissipation (T_A = +70°C)
8-Pin SO (derate 5.88mW/°C above +70°C) 471mW
Operating Temperature Range ..... -20°C to +85°C
Storage Temperature Range ..... -65°C to +150°C
Junction Temperature ..... +150°C
SO Package
Vapor Phase (60s) ..... +215°C
Infrared (15s) ..... +220°C
Lead Temperature (soldering, 10s) ..... +300°C

Stresses beyond those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated in the operational sections of the specifications is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

(V_{CC} = +3.0V to +5.5V, T_A = -20°C to +85°C, unless otherwise noted. Typical values specified at +25°C.) (Note 1)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
Temperature Error		$T_{THERMOCOUPLE}$ = +700°C, T_A = +25°C (Note 2)	V_{CC} = +3.3V	-5		+5	LSB
			V_{CC} = +5V	-6		+6	
		$T_{THERMOCOUPLE}$ = 0°C to +700°C, T_A = +25°C (Note 2)	V_{CC} = +3.3V	-8		+8	
			V_{CC} = +5V	-9		+9	
		$T_{THERMOCOUPLE}$ = +700°C to +1000°C, T_A = +25°C (Note 2)	V_{CC} = +3.3V	-17		+17	
			V_{CC} = +5V	-19		+19	
Thermocouple Conversion Constant					10.25		µV/LSB
Cold-Junction Compensation Error		T_A = -20°C to +85°C (Note 2)	V_{CC} = +3.3V	-3.0		+3.0	°C
			V_{CC} = +5V	-3.0		+3.0	
Resolution					0.25		°C
Thermocouple Input Impedance					60		kΩ
Supply Voltage	V_{CC}			3.0		5.5	V
Supply Current	I_{CC}				0.7	1.5	mA
Power-On Reset Threshold		V_{CC} rising		1	2	2.5	V
Power-On Reset Hysteresis					50		mV
Conversion Time		(Note 2)			0.17	0.22	s
SERIAL INTERFACE							
Input Low Voltage	V_{IL}					0.3 x V_{CC}	V
Input High Voltage	V_{IH}			0.7 x V_{CC}			V
Input Leakage Current	I_{LEAK}	V_{IN} = GND or V_{CC}				±5	µA
Input Capacitance	C_{IN}				5		pF

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued)

(V_{CC} = +3.0V to +5.5V, T_A = -20°C to +85°C, unless otherwise noted. Typical values specified at +25°C.) (Note 1)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Output High Voltage	V_{OH}	I_{SOURCE} = 1.6mA	V_{CC} - 0.4			V
Output Low Voltage	V_{OL}	I_{SINK} = 1.6mA			0.4	V
TIMING						
Serial Clock Frequency	f_{SCL}				4.3	MHz
SCK Pulse High Width	t_{CH}		100			ns
SCK Pulse Low Width	t_{CL}		100			ns
CSB Fall to SCK Rise	t_{CSS}	C_L = 10pF	100			ns
CSB Fall to Output Enable	t_{DV}	C_L = 10pF			100	ns
CSB Rise to Output Disable	t_{TR}	C_L = 10pF			100	ns
SCK Fall to Output Data Valid	t_{DO}	C_L = 10pF			100	ns

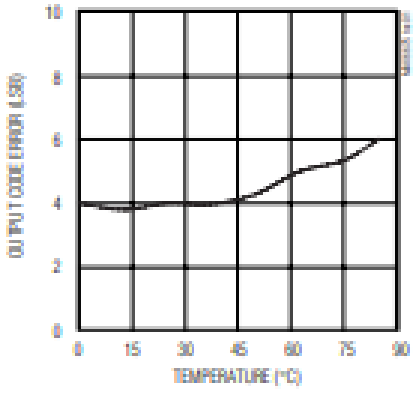
Note 1: All specifications are 100% tested at T_A = +25°C. Specification limits over temperature (T_A = T_{MIN} to T_{MAX}) are guaranteed by design and characterization, not production tested.

Note 2: Guaranteed by design. Not production tested.

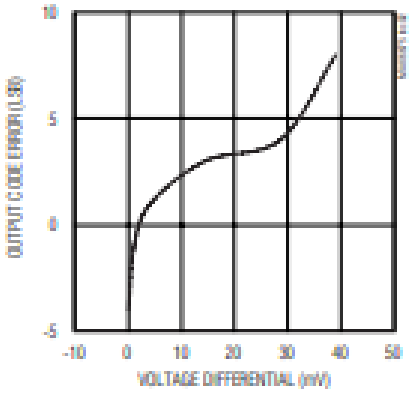
Typical Operating Characteristics

(V_{CC} = +3.3V, T_A = +25°C, unless otherwise noted.)

OUTPUT CODE ERROR vs. AMBIENT TEMPERATURE

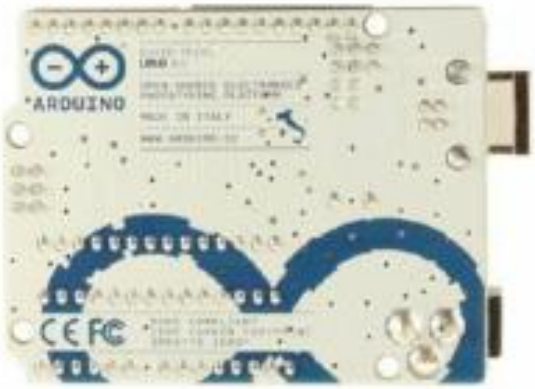


OUTPUT CODE ERROR vs. VOLTAGE DIFFERENTIAL



Arduino Uno

Arduino Uno R3 Front



Arduino Uno R3 Back

Arduino Uno R2 Front

Arduino Uno SMD

Arduino Uno Front

Arduino Uno Back

Overview

The Arduino Uno is a microcontroller board based on the ATmega328 (datasheet). It has 14 digital input/output pins (of which 6 can be used as PWM outputs), 6 analog inputs, a 16 MHz ceramic resonator, a USB connection, a power jack, an ICSP header, and a reset button. It contains everything needed to support the microcontroller; simply connect it to a computer with a USB cable or power it with a AC-to-DC adapter or battery to get started.
The Uno differs from all preceding boards in that it does not use the FTDI USB-to-serial driver chip. Instead, it features the Atmega16U2 (Atmega8U2 up to version R2) programmed as a USB-to-serial converter.
Revision 2 of the Uno board has a resistor pulling the 8U2 HWB line to ground, making it easier to put into DFU mode.
Revision 3 of the board has the following new features:

- 1.0 pinout: added SDA and SCL pins that are near to the AREF pin and two other new pins placed near to the RESET pin, the IOREF that allow the shields to adapt to the voltage provided from the board. In future, shields will be compatible both with the board that use the AVR, which operate with 5V and with the Arduino Due that operate with 3.3V. The second one is a not connected pin, that is reserved for future purposes.
- Stronger RESET circuit.
- Atmega 16U2 replace the 8U2.

"Uno" means one in Italian and is named to mark the upcoming release of Arduino 1.0. The Uno and version 1.0 will be the reference versions of Arduino, moving forward. The Uno is the latest in a series of USB Arduino boards, and the reference model for the Arduino platform; for a comparison with previous versions, see the index of Arduino boards.

Summary

Microcontroller	ATmega328
Operating Voltage	5V
Input Voltage (recommended)	7-12V

Input Voltage (limits)	6-20V
Digital I/O Pins	14 (of which 6 provide PWM output)
Analog Input Pins	6
DC Current per I/O Pin	40 mA
DC Current for 3.3V Pin	50 mA
Flash Memory	32 KB (ATmega328) of which 0.5 KB used by bootloader
SRAM	2 KB (ATmega328)
EEPROM	1 KB (ATmega328)
Clock Speed	16 MHz

Schematic & Reference Design

EAGLE files: arduino-uno-Rev3-reference-design.zip (NOTE: works with Eagle 6.0 and newer)
Schematic: arduino-uno-Rev3-schematic.pdf
Note: The Arduino reference design can use an Atmega8, 168, or 328, Current models use an ATmega328, but an Atmega8 is shown in the schematic for reference. The pin configuration is identical on all three processors.

Power

The Arduino Uno can be powered via the USB connection or with an external power supply. The power source is selected automatically.
External (non-USB) power can come either from an AC-to-DC adapter (wall-wart) or battery. The adapter can be connected by plugging a 2.1mm center-positive plug into the board's power jack. Leads from a battery can be inserted in the Gnd and Vin pin headers of the POWER connector.

The board can operate on an external supply of 6 to 20 volts. If supplied with less than 7V, however, the 5V pin may supply less than five volts and the board may be unstable. If using more than 12V, the voltage regulator may overheat and damage the board. The recommended range is 7 to 12 volts.
The power pins are as follows:

- **VIN.** The input voltage to the Arduino board when it's using an external power source (as opposed to 5 volts from the USB connection or other regulated power source). You can supply voltage through this pin, or, if supplying voltage via the power jack, access it through this pin.
- **5V.**This pin outputs a regulated 5V from the regulator on the board. The board can be supplied with power either from the DC power jack (7 - 12V), the USB connector (5V), or the VIN pin of the board (7-12V). Supplying voltage via the 5V or 3.3V pins bypasses the regulator, and can damage your board. We don't advise it.
- **3V3.** A 3.3 volt supply generated by the on-board regulator. Maximum current draw is 50 mA.
- **GND.** Ground pins.

Memory

The ATmega328 has 32 KB (with 0.5 KB used for the bootloader). It also has 2 KB of SRAM and 1 KB of EEPROM (which can be read and written with the EEPROM library).

Input and Output

Each of the 14 digital pins on the Uno can be used as an input or output, using pinMode(), digitalWrite(), and digitalRead() functions. They operate at 5 volts. Each pin can provide or receive a maximum of 40 mA and has an internal pull-up resistor (disconnected by default) of 20-50 kOhms. In addition, some pins have specialized functions:

- **Serial: 0 (RX) and 1 (TX).** Used to receive (RX) and transmit (TX) TTL serial data. These pins are connected to the corresponding pins of the ATmega8U2 USB-to-TTL Serial chip.
- **External Interrupts: 2 and 3.** These pins can be configured to trigger an interrupt on a low value, a rising or falling edge, or a change in value. See the attachInterrupt() function for details.
- **PWM: 3, 5, 6, 9, 10, and 11.** Provide 8-bit PWM output with the analogWrite() function.