



Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional Villa María
Departamento de Electrónica
Cátedra Trabajo Final de Grado

Sistema para automatización de criadero avícola

Autor/es:

Arias, Claudio Fabián.
Martin, Carlos Andrés.

2019

Acreditación:

Fecha:

Comité Evaluador

Presidente: MSc. Ing. Pedro Danizio

1° Vocal: Esp. Ing. Héctor Ferrari

2° Vocal: Ing. José Luis Catalano





Dedicatorias

Dedicamos este trabajo final de grado a todas y cada una de las personas que nos han acompañado durante el transcurso de la carrera, a quienes estuvieron en todo momento brindando su apoyo de una manera desinteresada, aportando a nuestra formación tanto profesional como humana.



Agradecimientos

Queremos agradecerles a familiares y amigos por ser pilares fundamentales y darnos las fuerzas necesarias para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados.

A profesores, compañeros y colegas, gracias por las horas dedicadas y los conocimientos compartidos, como así también, reconocer al departamento de electrónica de nuestra facultad por brindarnos sus instalaciones y prepararnos para afrontar el futuro.

Agradecerle a la Facultad Regional Villa María, de la Universidad Tecnológica Nacional, por abrimos sus puertas, darnos refugio, contención y por ser la sede de todo el conocimiento adquirido en estos años.



Memoria Descriptiva

En el presente proyecto se desarrolla un sistema para la automatización de criaderos avícolas. El proyecto se compone de dos grandes partes, denominadas "etapa de monitoreo" y "etapa de control", las cuales se diferencian por las necesidades enfrentadas al momento del alcance.

La etapa de "monitoreo" se encarga de la obtención mediante sensores, de aquellas variables que interfieren durante el proceso de cría y engorde, relacionadas tanto al ambiente dentro del criadero como a aquellas otras condiciones que impactan sobre la cadena, como por ejemplo asegurar el nivel de insumos para la población. Este sistema brinda, no solo la posibilidad de procesar y observar los distintos cambios en las variables mediante un monitor local, sino también que envía la información a la etapa de control y permite acceder a estas de manera remota, ya sea por SMS o por medio de una conexión a Internet.

La etapa de "control" ofrece un panel de configuración para establecer las condiciones en las que el productor desea operar. En función de la diferencia entre los valores obtenidos por la etapa de monitoreo y los configurados, se deriva en la generación de señales que controlan distintos dispositivos, estos a su vez, actúan con el objeto de revertir esa diferencia dentro del criadero, manteniendo así los requisitos deseados y necesarios.

Ambas etapas trabajando en conjunto, brindan las condiciones para que la vida de la población avícola este controlada y además, originan un sistema de alertas para informar al productor sobre anomalías de estado y funcionamiento.



Índice

Título	Página
Dedicatorias.....	3
Agradecimientos	4
Memoria Descriptiva.....	5
Índice.....	6
Introducción	8
Análisis del problema	8
Análisis de sistemas existentes	8
Descripción de las actividades del proyecto	9
Objetivos	10
Diseño del Proyecto	11
Revisión de requerimientos y parámetros de operación	11
Selección de componentes y dispositivos	11
Diagrama en bloques del dispositivo	12
Descripción de cada una de las partes.....	13
Evaluación Final del Sistema	15
Procesamiento en la etapa de monitoreo.....	15
Lenguaje de programación.....	15
Generación de Información:	18
Interfaz con el usuario.....	19
Envío de datos vía SMS.....	21
Envío de datos vía WIFI	23
Etapa de medición.....	24
Detección de los niveles de humedad y temperatura	24
Detección del nivel de temperatura en bebedero central	26
Detección nivel de agua en tolva	28
Detección nivel de alimento en tolva.....	30
Etapa de control	31
Construcción y principio de funcionamiento.....	31
Circuito lógico	31
Diseño del circuito lógico	31
Software de control.....	33
Obtención y decodificación de valores medidos.....	34
Muestreo de información en display	34
Configuración de valores deseados.....	35
Tolerancia de valores deseados.....	35
Envío de alarmas desde el PIC de control al BUS de comunicación.....	36



Título	Página
Circuito de control	37
Control de dispositivos	38
Conectores para control de dispositivos	39
Montaje y ensayo real del prototipo.....	40
Análisis del sistema en campo	46
Presentación final del prototipo	46
Conclusión.....	51
Bibliografía	52
Anexos.....	53
Anexo Alpha: Hoja de datos PIC 18F452.....	53
Anexo Bravo: Hoja de datos PIC 16F887.....	62
Anexo Charlie: Hoja de datos módulo SIM900.....	72
Anexo Delta: Hoja de datos módulo ESP8266.....	77
Anexo Echo: Hoja de datos ULN2803A	85



Introducción

Análisis del problema

Quienes trabajan en la industria avícola conocen muy bien la problemática que encierra la cría de aves en cuanto a medio ambiente se refiere, su adecuado ajuste y las consecuencias que de su manejo se derivan. Es especialmente en la crianza de aves de engorde, cuando más a prueba se pone la capacidad del avicultor, dado que de las cinco o seis crías anuales que se llevan a cabo, ninguna se realiza en igualdad de condiciones, particularmente las ambientales, que son las que inciden directamente en el ambiente interno del criadero. Por otra parte, los costos cada vez más elevados que intervienen durante el proceso, inducen al criador a buscar cualquier tipo de ahorro, por pequeño que sea, con el fin de que la diferencia entre el costo de producción y el precio percibido por kilo o por ave, sea lo más positiva posible. Estos ahorros buscados por el avicultor, pueden encontrarse en la reducción de personal interviniente en el proceso de crianza, invirtiendo en una forma eficiente de controlar el ambiente en donde se desarrolla la actividad. Este tipo de soluciones vinculadas a la automatización, provoca la necesidad de manipular aquellos acondicionadores del medio ambiente que anteriormente se operaban en forma manual. Este control debe ser altamente preciso con el fin de satisfacer todas las exigencias vinculadas al proceso de engorde y a la utilización eficiente de la energía. Por tal razón la exactitud de las variables monitoreadas debe ser de crucial importancia.

Análisis de sistemas existentes

Existe en el mercado una amplia gama de sistemas de automatización para criaderos de aves. Algunos de estos están especialmente diseñados para explotaciones avícolas y otros son de índole general pero totalmente aplicables a esta labor. Todos ellos, por lo general, cumplen con la mayoría de las exigencias imprescindibles para el tipo de crianza aquí tratada, pero son muy pocos los que brindan una opción económica para pequeños productores. Por esta razón, el presente trabajo brinda la opción de separar el sistema de monitoreo respecto del sistema de control, ofreciendo al productor la posibilidad de optar solo por la monitorización de las variables y acudiendo al control manual de los actuadores, solo en los momentos que la información relevada por los sensores se lo indique. Otra ventaja de este sistema, es la posibilidad de adaptarse a la etapa de potencia ya presente en el criadero, conectándose a esta, desde los relevadores existentes en el tablero de control.

Las variables monitoreadas y controladas en los sistemas de automatización de la industria avícola, son mayormente la temperatura ambiente, la temperatura del agua, la humedad relativa, los niveles disponibles en las distintas tolvas, la radiación solar y el dióxido de carbono distribuido. Estas últimas dos variables, no son necesarias de controlar en pequeños criaderos, por lo cual aquí no se relevarán.



Por tales razones, este trabajo demandara disponer de una cantidad de relevadores tal que se permita el control de la calefacción, la refrigeración, el sistema de aspersores, la ventilación y la unidad de control de temperatura para el agua en los bebederos.

Descripción de las actividades del proyecto

El proyecto aquí descrito, busca con su implementación disminuir la mortalidad de la población de un criadero avícola, en relación a las condiciones del ambiente y con el fin de aumentar la productividad y disminuir los costos. Para ello, se desarrolló un prototipo de sistema de automatización, el cual permite, en primer lugar, generar las condiciones adecuadas para el hábitat, en relación al proceso de engorde y, en segundo lugar, alcanzar una independencia respecto al personal interviniente en el emplazamiento.

Una etapa de monitoreo junto a una etapa de control, permiten llevar a cabo la automatización mencionada.

La etapa de monitoreo es la encargada de recolectar la información arrojada por distintos sensores con el fin de obtener el estado actual al ambiente, junto a la cantidad de alimento y bebida disponible. Toda la información relevada es compartida vía remota y enviada hacia el sistema de control.

La etapa de control, es quien llevara a cabo la manipulación todos los dispositivos conectados a los relevadores, activando o desactivándolos según los valores configurados.



Objetivos

- Generar el hábitat adecuado para la crianza de aves de engorde.
- Disminuir los costos de producción respecto al personal interviniente en el criadero, apoyándose en la automatización.
- Generar un sistema de automatización tan eficiente como económico que permita su comercialización.



Diseño del Proyecto

Revisión de requerimientos y parámetros de operación

Requerimientos Funcionales:

- Poder visualizar variables específicas del ambiente, dentro del criadero.
Temperatura, humedad relativa, nivel de alimento, nivel de agua, temperatura del agua, alarmas ante fallas del sistema.
- Enviar periódicamente todas estas variables vía remota.
- Poder comunicar el sistema con un tablero de control.

Requerimientos no funcionales:

- Disponer de conexión a una red eléctrica de baja tensión.
- Disponer de conectividad GPRS.
- Disponer de un lugar adecuado para la colocación y mantenimiento del sistema.

Parámetros de operación:

- Ambientes con exposición a la humedad.
- Ambientes con elevadas temperaturas.
- Red eléctrica propensa a interferencias por la activación/desactivación de motores.

Selección de componentes y dispositivos

La selección de componentes y dispositivos fue realizada en base al alcance de cada una de las etapas. En primer lugar, dentro de la etapa de monitoreo, los dispositivos y componentes más relevantes que se dispusieron son:

- Microcontrolador PIC18F452 de Microchip Company, necesario para el procesado de la información relevada en los distintos sensores.
- Módulo GSM SIM900 marca SIMCOM, utilizado para enviar remotamente la información relevada vía SMS.
- Módulo ESP8266 fabricado por Espressif Company que permite el acceso a la información mediante una conexión a Internet
- Sensores de humedad y temperatura ambiente DHT22, fabricados por Aosong Electronics.
- Sensor de temperatura DS18B20 con encapsulado sumergible, fabricado por Maxim Integrated.

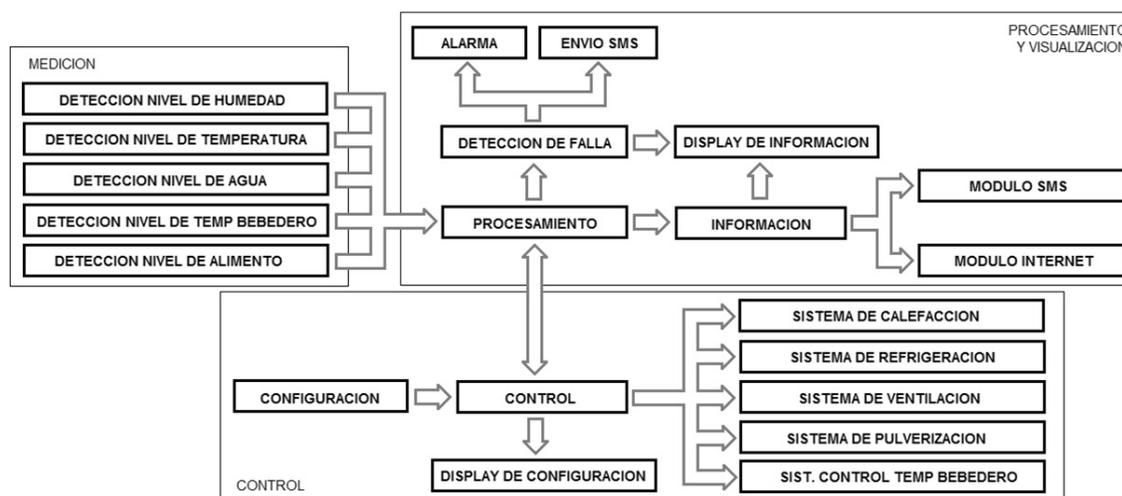


- Sensor HC-SR04 fabricado por ELEC FREAKS, para la medición de volumen mediante ultrasonido.
- Sensores ópticos AGROTAX, fabricado por Abelardo Cuffia S.A, para la medición de alimento disponible en tolva.
- Display de 20 columnas de caracteres imprimibles por 4 filas, marca Vishay, para la muestra de información.
- Fuente de alimentación switching de alta performance, marca POWERSWITCH, fabricada por el Grupo CORESA.

En el sistema de control los dispositivos y componentes de mayor importancia implementados son:

- Microcontrolador PIC16F887 de Microchip Company, necesario para el configurar los parámetros de operación y controlar los distintos relevadores.
- Display de 20 columnas de caracteres imprimibles por 4 filas, marca Vishay, necesario para visualizar las opciones de configuración del sistema de control.
- Matriz transistores Darlington ULN2803A, fabricado por Texas Instruments, necesario para operar con cargas inductivas y aislar el microcontrolador utilizado de la etapa de conmutación.
- Relevadores de 1 polo y 2 posiciones, marca SONGLE de 12V y 10A para el manejo de contactores.

Diagrama en bloques del dispositivo



El diagrama de bloques muestra en términos generales como funciona el sistema completo. Como puede observarse, la etapa de medición junto a la etapa de procesamiento y visualización, dan lugar a la que se denomina "etapa de monitoreo". Por otra parte, las etapas mencionadas interactúan directamente con la "etapa de control".



Descripción de cada una de las partes

Sistema de medición: Etapa de adquisición de datos correspondiente a cada una de las variables que son necesarias para controlar el ambiente dentro de la nave avícola. La información será captada mediante la utilización de distintos tipos de sensores.

- Detección nivel de humedad: Adquisición de la humedad relativa ambiente dentro de la nave por medio de sensores de humedad.
- Detección nivel de temperatura: Medición de los niveles de temperatura ambiente a través de sensores de temperatura.
- Detección nivel de agua: Obtención de la cantidad de agua disponible en el tanque del criadero. La detección del nivel de agua se hará mediante sensores de ultrasonido.
- Detección nivel de temperatura en bebedero: Adquisición de la temperatura del agua en bebederos mediante el uso de sensores de temperatura.
- Detección nivel de alimento: Lectura de cantidad restante de alimento dentro de silo implementando tres sensores ópticos.

Sistema de procesamiento y visualización: Etapa de procesamiento y visualización de la información adquirida dentro de la nave para su acceso en tiempo real desde distintos medios. Activación de alertas en caso de detección de errores.

- Procesamiento: Adecuación de los valores medidos para el manejo de la información entre los sub-sistemas.
- Información: Etapa de datos ya procesados puestos a disposición para ser mostrados o pedidos en tiempo real.
- Display de Información: Muestra en pantalla de los valores ambientes medidos en tiempo real y alertas en casos de detección de fallas.
- Envío remoto: Envío periódico de información de todos los valores medidos por los sensores. El envío se realizara por dos canales de comunicación inalámbrico. Envío de SMS por módulo GPRS y a través de una conexión a internet.
- Detección de falla: Etapa de alerta ante fallas, errores de medición, alteraciones y valores que estén fuera del rango de configuración establecidos previamente.



- Alarma: Activación en forma instantánea de alarma en nave ante la detección de algún tipo de falla.
- Envío de SMS: Aviso en forma inmediata de detección de falla mediante mensaje SMS.

Sistema de control: Debe encargarse de actuar sobre los sub-sistemas de salida, para lograr que los parámetros en el interior de la nave avícola estén dentro de los valores requeridos y preestablecidos.

- Control: Manejo de los sistemas de salida, en función de los valores de entrada medidos y los valores configurados ingresados.
- Configuración: Ingreso de valores deseados para cada uno de los factores dentro de la nave.
- Display: Muestra en pantalla los valores ingresados por el usuario que establecen el rango en el que debe actuar el sistema de control para regular cada una de las variables involucradas.
- Sistema de calefacción: Calefacción dentro de la nave que se acciona cuando la temperatura está por debajo de los límites establecidos.
- Sistema de refrigeración: Enfriamiento ambiental que se activa cuando los valores medidos de temperatura ambiente están por encima de los valores requeridos y preestablecidos.
- Sistema de pulverización: Activación de pulverizadores de agua cuando los valores tomados de humedad ambiente en la nave estén por debajo de los valores deseados.
- Sistema de ventilación: Accionamiento de ventiladores y ventanales en función de altas mediciones de humedad.
- Sistema control de temperatura en bebederos: Etapa encargada de enfriar y calentar agua en bebederos de forma tal que su temperatura se encuentre siempre adecuada dentro de los valores preestablecidos.



Evaluación Final del Sistema

Procesamiento en la etapa de monitoreo

El microcontrolador 18F452 fabricado por Microchip Semiconductor, es el encargado de iniciar todas las mediciones realizadas con los sensores, ejecutando todos los protocolos necesarios para la comunicación con ellos.

Además, este microcontrolador es el encargado de realizar los promediados de las variables medidas en los diferentes sectores del criadero, analizar de las alarmas generadas por fallas en la lectura, analizar el tiempo transcurrido para el envío de información vía remota, evaluar las advertencias provenientes desde el sistema de control y a su vez, es el encargado de “empaquetar” toda la información procesada para el envío de la misma ya sea a través del puerto de comunicaciones serie o por un puerto del microcontrolador hacia el Display.

Lenguaje de programación

El lenguaje elegido para programar el microcontrolador fue el lenguaje C. De los entornos de programación disponibles se eligió utilizar MikroC de la compañía MIKROELECTRONICA.

Esta compañía produce diferentes herramientas de desarrollo completas para las principales arquitecturas de microcontroladores.

Diagrama de conexión

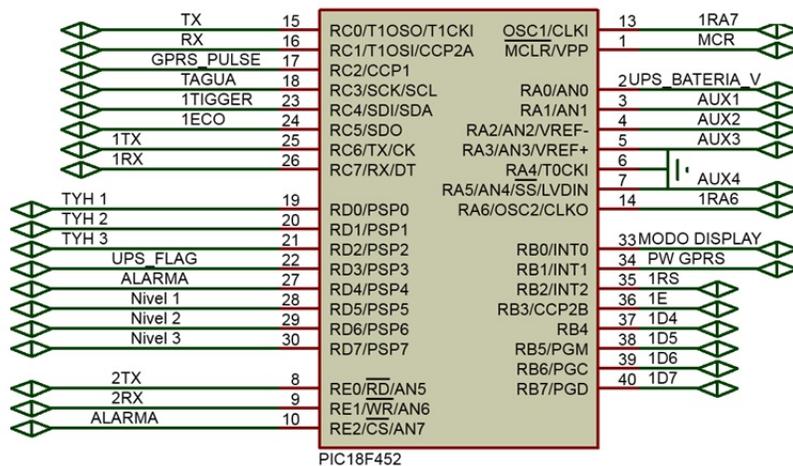


Fig. 1. Microcontrolador central PIC18F452.



Imagen del dispositivo:



Fig. 2. PIC18F452.

Descripción de los pines implementados:

Pin 15 y Pin 16, denotados como TX y RX respectivamente: Pines a través de cual se inicia la comunicación serie con el módulo Wifi ESP8266.

Pin 17, denotado como GPRS_PULSE: Pin encargado de establecer un nivel alto durante 800 milisegundos para el encendido del módulo GPRS SIM 900, ya sea de modo automático al iniciarse el programa o al recibir la orden por la activación de una interrupción.

Pin 18, denotado como TAGUA: Pin bidireccional, con el cual se establece la comunicación con el sensor DS18B20 para la medición de la temperatura del agua.

PIN 23 denotado como TIGGER: Pin a través de cual se inicia la comunicación con el sensor ultrasónico HC-SR04 destinado para la medición del nivel de agua.

PIN 24 denotado como ECO: Pin vinculado al sensor ultrasónico HC-SR04 para la medición del nivel de agua. A través de este pin, se espera un nivel alto durante un tiempo, que indica la relación existente con la distancia hacia el objeto a medir.

PIN 25 y PIN 26, denotados como TX y RX respectivamente: Pines utilizados para la transmisión de datos serie al módulo SIM900.

PIN 19, denotado como TYH1: Pin bidireccional, con el cual se establece la comunicación con uno de los sensores DHT22 para la medición de la temperatura del ambiente del criadero.

PIN 20, denotado como TYH2: Pin bidireccional, con el cual se establece la comunicación con uno de los sensores DHT22 para la medición de la temperatura del ambiente del criadero.

PIN 21, denotado como TYH3: Pin bidireccional, con el cual se establece la comunicación con uno de los sensores DHT22 para la medición de la temperatura del ambiente del criadero.

PIN 22, denotado como UPS_FLAG: Pin encargado de ponerse en alto ante la interrupción del suministro de energía por red, informando el paso a la utilización de energía desde la batería.

PIN 27 y 10 denotados como ALARMA: Pines a través de los cuales se puede conectar una alarma lumínica o sonora, según se desee, con el fin de informar, de manera general, una anomalía en la etapa de medición o en la etapa de control.



PIN 28, 29, y 30 denotados como NIVEL 1,2 y 3 respectivamente: Pines donde se conectan los sensores fotoeléctricos para conocer el nivel de alimento en tolva.

PIN 8 y PIN 9 denotados como 2TX y 2RX: Pines utilizados para la comunicación serie entre la etapa de monitoreo y la etapa de control.

PIN 13 y PIN 14 denotados como 1RA7 y 1RA6 respectivamente: Pines donde se conecta el cristal de alta velocidad necesario para que opere el microcontrolador.

PIN 1, denotado como MCR: Pin que, mediante la implementación de un circuito electrónico básico, permite reiniciar el microcontrolador, si dentro del código de programación, se ha configurado la opción de habilitación para Master Cleaner.

PIN 2 denotado como UPS_BATERIA: Pin encargado de medir el voltaje existente en la batería con el fin de informar ante el desgaste de la misma.

PIN 3 al PIN 7, referenciados como AUX: Pines no implementados en el desarrollo.

PIN 33 denotado como MODO_DISPLAY: Pin que conectado a un botón tipo PUSH, genera una interrupción en el microcontrolador encargada de intercambiar la información disponible en el Display.

PIN 34 denotado como PW_GPRS: Pin conectado a un botón tipo PUSH, a través del cual se inicia una interrupción por cambio de estado, generando la orden de encendido o apagado del módulo SIM900.

PIN 35, denotado como 1RS: Pin destinado para el control de funcionamiento del Display LCD. Cuando en este pin se coloque un 0, desde el pin D0 al pin D7 del Display, deberán ingresarse comandos de escritura a través del microcontrolador. Cuando en RS se coloque un 1, desde el pin D0 al pin D7 deberán enviarse directamente los datos a imprimir en el LCD.

PIN 36, denotado como 1E: Pin para el control de funcionamiento del Display LCD. Cuando este pin se encuentre en un nivel lógico bajo el acceso al visualizador LCD estará deshabilitado. Cuando este pin se encuentre en un nivel lógico alto el funcionamiento del Display será normal. Cuando existan transiciones de un nivel alto a un nivel bajo es porque se están transmitiendo datos al LCD.

PIN 37, denotado como 1D4 al Pin 40, denotado como 1D7: Pines de datos o comandos a través de los cuales se envía la información a imprimir en el Display LCD.



Especificaciones técnicas del microcontrolador:

Tabla 1. Especificaciones técnicas PIC18F452.

Features	PIC18F242	PIC18F252	PIC18F442	PIC18F452
Operating Frequency	DC - 40 MHz			
Program Memory (Bytes)	16K	32K	16K	32K
Program Memory (Instructions)	8192	16384	8192	16384
Data Memory (Bytes)	768	1536	768	1536
Data EEPROM Memory (Bytes)	256	256	256	256
Interrupt Sources	17	17	18	18
I/O Ports	Ports A, B, C	Ports A, B, C	Ports A, B, C, D, E	Ports A, B, C, D, E
Timers	4	4	4	4
Capture/Compare/PWM Modules	2	2	2	2
Serial Communications	MSSP, Addressable USART	MSSP, Addressable USART	MSSP, Addressable USART	MSSP, Addressable USART
Parallel Communications	—	—	PSP	PSP
10-bit Analog-to-Digital Module	5 input channels	5 input channels	8 input channels	8 input channels
RESETS (and Delays)	POR, BOR, RESET Instruction, Stack Full, Stack Underflow (PWRT, OST)			
Programmable Low Voltage Detect	Yes	Yes	Yes	Yes
Programmable Brown-out Reset	Yes	Yes	Yes	Yes
Instruction Set	75 Instructions	75 Instructions	75 Instructions	75 Instructions
Packages	28-pin DIP 28-pin SOIC	28-pin DIP 28-pin SOIC	40-pin DIP 44-pin PLCC 44-pin TQFP	40-pin DIP 44-pin PLCC 44-pin TQFP

Generación de Información:

La información procesada dentro del microcontrolador da lugar a la generación de 3 paquetes de datos específicos, que permiten mostrar la información generada a través de un Display o tenerla disponible en los puertos series configurados, con el fin de que pueda ser tomada por la etapa de control, el módulo GSM, SIM900 o el módulo ESP8266.

Estos tres paquetes de información generados, son diferentes, ya que, los formatos de datos esperados por cada periférico, difieren.

Se generan en total siete variables de información dentro del microcontrolador, estas son:

- Temperatura promedio del Criadero
- Humedad Relativa Promedio del Criadero
- Nivel de alimento disponible en Tolva
- Nivel de Agua disponible en Tolva
- Alarmas de error de lectura en los sensores de ambiente.
- Alarmas de error de lectura en los sensores de tolva.
- Alarmas de variables fuera de rango provenientes del sistema de control
- Avisos para el envío de información vía remota



Detección de fallas:

Al intentar leerse cualquiera las variables mencionadas anteriormente, es posible que se generen errores de lectura ya sea por un parámetro interno o externo a la medición. Ante estas situaciones y de mantenerse un error de lectura por un tiempo prolongado, el código implementado en el microcontrolador es capaz de informar tal evento.

Esto da lugar a que el operario del sistema pueda evaluar técnicamente el comportamiento del sistema. El evento es informado a través de Alarmas o él envió de información vía remota.

- Alarmas:

Ante una detección de falla como la que se mencionó en el título anterior, el sistema es capaz de generar una alerta a través de una alarma lumínica o sonora, para los casos en los que se encuentre personal trabajando en las instalaciones.

- Alarma Remota:

Si el sistema detecta una falla en el entorno y esta no ha sido corregida dentro de un determinado tiempo, se generará automáticamente una alarma remota.

Interfaz con el usuario

Display de Información:

El Display de Información es un Display utilizado para la visualización de todo el paquete de información generado dentro del procesador. Este es un Display marca Vishay de 20 columnas de caracteres imprimibles por 4 filas y su controlador gráfico es el LM041L.

Protocolo de comunicación:

El protocolo de comunicación de este Display con el microcontrolador, es el estándar descrito dentro de la librería LCD para la mayoría de los entornos de programación.

Solo debe elegirse una coordenada del Display y enviar el carácter a imprimir según el código ASCII que le corresponda.

Especificaciones técnicas brindadas por el fabricante:

Tabla 2. Especificaciones técnicas Display.

Parameter	Symbol	Condition	Min	T _{YP.}	Max	Unit
Supply voltage for logic	VDD	--	4.8	5.0	5.2	V
Supply current for logic	IDD	--	--	183	200	mA
Operating voltage for LCD	VLCD	-10°C				
		25°C	4.5	4.7	4.9	V
		+60°C				
Input voltage "H" level	VIH	--	0.7 VDD	--	VDD+0.3	V
Input voltage "L" level	VIL	--	0	--	0.2VDD	V

Imagen del dispositivo:

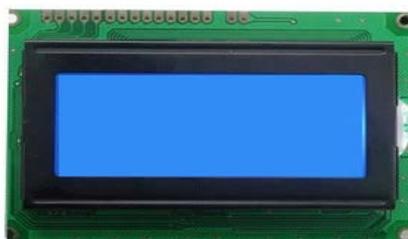


Fig. 3. Display.

Diagrama de conexionado del dispositivo:

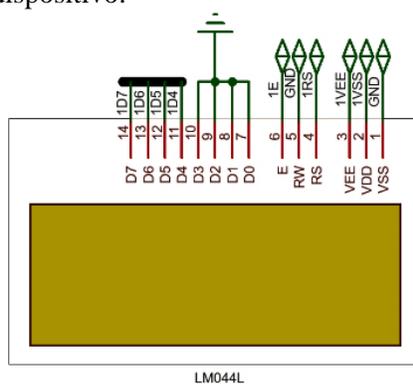


Fig. 4. Conexión de Display.



Envío de datos vía SMS

La información procesada en el microcontrolador es empaquetada de diversas maneras y una de ellas es para poder enviar la misma a través de comandos AT. Estos comandos se envían por el puerto de comunicación serie para establecer una comunicación con el módulo GSM, SIM 900 de SIMCOM, una marca de SIMTECH Company.

SIM 900 es un módulo GSM / GPRS ultra compacto con cobertura del tipo “Cuatri Banda”. Está diseñado con un núcleo AMR926EJ-S, que permite mayores prestaciones que el promedio de los módulos existentes en el mercado con mayor velocidad de procesamiento.

Las bandas de cobertura son en 850/900/1800/1900 MHz para voz, SMS, Datos, y Fax.

Lo anterior, permite entre otras cosas, enviar un SMS a un destinatario particular sobre toda la información relevada en forma periódica.

Cabe destacar que debido a que este módulo, es un complemento del sistema de monitoreo, fue necesario independizarlo electrónicamente, brindándole inteligencia con un microcontrolador adicional.

Especificaciones técnicas brindadas por el fabricante:

Feature	Implementation
Power supply	3.2V ~ 4.8V
Power saving	Typical power consumption in sleep mode is 1.0mA (BS-PA-MFRMS=9)
Frequency bands	<ul style="list-style-type: none">● SIM900 Quad-band: GSM 850, EGSM 900, DCS 1800, PCS 1900. SIM900 can search the 4 frequency bands automatically. The frequency bands also can be set by AT command “AT+CBAND”. For details, please refer to document [1].● Compliant to GSM Phase 2/2+
Transmitting power	<ul style="list-style-type: none">● Class 4 (2W) at GSM 850 and EGSM 900● Class 1 (1W) at DCS 1800 and PCS 1900
GPRS connectivity	<ul style="list-style-type: none">● GPRS multi-slot class 10 (default)● GPRS multi-slot class 8 (option)● Normal operation: -30°C ~ +80°C
Temperature range	<ul style="list-style-type: none">● Restricted operation: -40°C ~ -30°C and +80 °C ~ +85°C*● Storage temperature -45°C ~ +90°C
Data GPRS	<ul style="list-style-type: none">● GPRS data downlink transfer: max. 85.6 kbps● GPRS data uplink transfer: max. 42.8 kbps● Coding scheme: CS-1, CS-2, CS-3 and CS-4● Integrate the TCP/IP protocol.● Support Packet Broadcast Control Channel (PBCCH)
CSD	<ul style="list-style-type: none">● Support CSD transmission
USSD	<ul style="list-style-type: none">● Unstructured Supplementary Services Data (USSD) support
SMS	<ul style="list-style-type: none">● MT, MO, CB, Text and PDU mode● SMS storage: SIM card
FAX	Group 3 Class 1
SIM interface	Support SIM card: 1.8V, 3V
External antenna	Antenna pad

Protocolo de comunicación:

La comunicación entre el presente módulo y el microcontrolador es a través de comandos AT. Dentro de la amplia gama de comandos solo se utilizaron los siguientes:

- Comando AT: Enviado este comando, junto al carácter ASCII que representa la tecla Enter, se puede inicializar la comunicación con el módulo SIM900.
- Comando AT + CMGS comando que permite enviar caracteres, en donde según el tipo de carácter ASCII se producirá una determinada sentencia. Para enviar este comando debe finalizarse el ciclo con la secuencia Cntrl + Z en ASCII.



Fig. 5. Imagen del Módulo

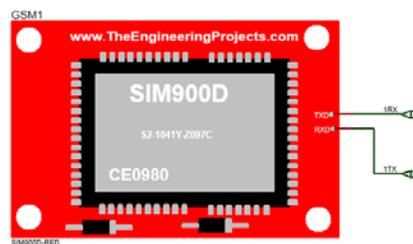


Fig. 6. Diagrama de Conexión del Módulo



Fig. 7. Recepción e información vía SMS.

Envío de datos vía WIFI

La misma información procesada por el microcontrolador y empaquetada para el módulo GPRS en formato de comandos AT, es codificada en formato de texto para enviarse al módulo WIFI, ESP8266.

El módulo ESP8266 fabricado por Espressif Company permite el acceso a la información mediante una conexión a Internet.

ESP8266, es un chip integrado con conexión WiFi, compatible con el protocolo TCP/IP cuyo objetivo principal es dar acceso a cualquier microcontrolador a una red. La conexión entre el microcontrolador y el modulo es a través de un puerto de comunicaciones serie que ambos poseen.

Esta información es levantada desde un servidor web de uso libre, cuyo fin es dar acceso a estos tipos de dispositivos. En este caso la plataforma utilizada como servidor es UBIDOTS.

Una vez configurado el modulo en una red especifica del emplazamiento, puede relevarse la información desde el entorno de programación que disponible la plataforma.

Esta información procesada, es mostrada en forma de gadgets y actualizada una vez por minuto.

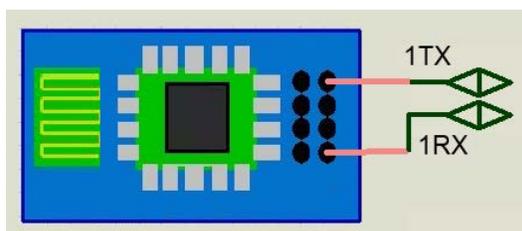


Fig. 8. Imagen del Módulo

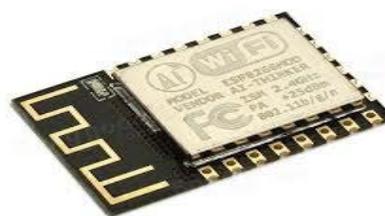


Fig. 9. Diagrama de Conexión del Módulo



Fig. 10. Gadget del servidor ubidots.



Etapa de medición

Detección de los niveles de humedad y temperatura

La medición de la temperatura y la humedad relativa del ambiente, es realizada a través de un sensor conocido comercialmente como DHT22, el cual es fabricado por Aosong Electronics Co.Ltd. Este se conecta al microcontrolador PIC 18F452, el cual realiza la petición y procesamiento de la medición.

Este sensor permite medir la temperatura y la humedad relativa al mismo tiempo. Una particularidad de estos sensores es que la señal de salida es digital, permitiendo así, conectarlo directamente al microcontrolador. Este dispositivo, lleva a su vez un pequeño microcontrolador interno destinado al tratamiento de la señal mensurada y a la comunicación con el entorno.

El dispositivo no ofrece un protocolo de comunicación estandarizado, sino que debe realizarse una sincronización entre el microcontrolador y el sensor para poder relevar la medición.

Para la sincronización de datos solo es necesario un bus de comunicación entre el microcontrolador y el sensor y el proceso de comunicación entre ambos es aproximadamente de 4 ms.

Protocolo de comunicación:

Una transmisión completa arroja un dato de 40 bits en donde se obtiene la temperatura y la humedad relativa. Para ello el microcontrolador propio del sensor y el microcontrolador que solicita la medición, se comunican entre sí de la siguiente manera:

- El microcontrolador solicitante inicia la comunicación a través del envío de un nivel alto.
- El sensor responde estableciendo un nivel bajo de 80us y luego un nivel alto de 80us.
- El sensor envía 5 bytes con la información de temperatura y humedad.

Para el relevamiento de esta información, se debió realizar una función en lenguaje C, capaz de realizar el barrido de estos 5 bytes.

Es decir, el microcontrolador solicitante recibe 40 bits. Ejemplo:

0011 0101 0000 0000 0001 1000 0000 0000 0100 1101

MBS Hum. + LBS Hum. + MBS Temp. + LBS Temp. = Bits de comprobación.

Calculando:

0011 0101+0000 0000+0001 1000+0000 0000= 0100 1101

Datos correctos recibidos :

Humedad : 0011 0101 = 35H = 53%RH

Temperatura : 0001 1000 = 18H = 24°C

Especificaciones técnicas brindadas por el fabricante:

Tabla 3. Especificaciones técnicas DHT22.

Model	DHT22
Power supply	3.3-6V DC
Output signal	digital signal via single-bus
Sensing element	Polymer capacitor
Operating range	humidity 0-100%RH; temperature -40~80Celsius
Accuracy	humidity +2%RH(Max +5%RH); temperature <+-0.5Celsius
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
Dimensions	small size 14*18*5.5mm; big size 22*28*5mm

Imagen del Dispositivo:



Fig. 11. Sensor DHT22.

Diagrama de conexión del dispositivo:

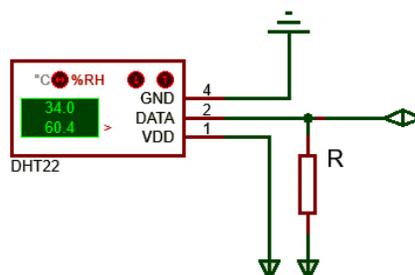


Fig. 12. Diagrama de conexión DHT22.

El dispositivo requiere de una conexión Pull-Up en su pin de datos para conectarse al microcontrolador.



DetECCIÓN DEL NIVEL DE TEMPERATURA EN BEBEDERO CENTRAL

La medición de la temperatura del agua disponible en los bebederos se realiza a través del sensor de temperatura DS18B20 fabricado por Maxim Integrated. Este, se conecta el microcontrolador PIC 18F452, el cual realiza la petición y procesamiento de la medición. El DS18B20 es un sensor digital de temperatura que utiliza para comunicarse el protocolo One-Wire creado por Dallas Semiconductor. Dicho protocolo necesita solo un pin de datos para comunicarse con el microcontrolador solicitante y también brinda la posibilidad de conectar más de un sensor en el mismo bus de comunicación.

En este trabajo, se utilizará un solo sensor DS18B20 en una versión cuyo encapsulado presenta cierta robustez, ya que ubica al elemento sensor dentro de un tubo de acero inoxidable resistente al agua.

El protocolo de comunicación que se mencionó anteriormente ofrece una resolución en el dato de medición, la cual es programable y varía desde 9 bits hasta 12 bits.

Cada sensor tiene una dirección única de 64bits establecida de fábrica y esta dirección sirve para identificar al dispositivo con el que se está comunicando, puesto que en un bus One-Wire pueden existir más de un dispositivo conectado.

Protocolo de comunicación:

El fabricante del dispositivo brinda una serie de comandos a implementar en la comunicación, ya sea para la lectura de la temperatura como para el manejo de memoria. Estos comandos se encuentran disponibles en la mayoría de los entornos de programación, en lo que se conoce como librerías, ya que el protocolo esta estandarizado.

COMMAND	DESCRIPTION	PROTOCOL	1-Wire BUS ACTIVITY AFTER COMMAND IS ISSUED
TEMPERATURE CONVERSION COMMANDS			
Convert T	Initiates temperature conversion.	44h	DS18B20 transmits conversion status to master (not applicable for parasite-powered DS18B20s).
MEMORY COMMANDS			
Read Scratchpad	Reads the entire scratchpad including the CRC byte.	BEh	DS18B20 transmits up to 9 data bytes to master.
Write Scratchpad	Writes data into scratchpad bytes 2, 3, and 4 (T_H , T_L , and configuration registers).	4Eh	Master transmits 3 data bytes to DS18B20.
Copy Scratchpad	Copies T_H , T_L , and configuration register data from the scratchpad to EEPROM.	48h	None
Recall E ²	Recalls T_H , T_L , and configuration register data from EEPROM to the scratchpad.	B8h	DS18B20 transmits recall status to master.
Read Power Supply	Signals DS18B20 power supply mode to the master.	B4h	DS18B20 transmits supply status to master.

Especificaciones técnicas brindadas por el fabricante:

Tabla 4. Especificaciones técnicas DS18B20.

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Supply Voltage	V_{DD}	Local power (Note 1)	+3.0		+5.5	V
Pullup Supply Voltage	V_{PU}	Parasite power	+3.0		+5.5	V
		Local power	+3.0		V_{DD}	
Thermometer Error	t_{ERR}	-10°C to +85°C			±0.5	°C
		-30°C to +100°C			±1	
		-55°C to +125°C			±2	
Input Logic-Low	V_{IL}	(Notes 1, 4, 5)	-0.3		+0.8	V
Input Logic-High	V_{IH}	Local power	+2.2		The lower of 5.5 or $V_{DD} + 0.3$	V
		Parasite power	+3.0			
Sink Current	I_L	$V_{IO} = 0.4V$	4.0			mA
Standby Current	I_{DDS}	(Notes 7, 8)		750	1000	nA
Active Current	I_{DD}	$V_{DD} = 5V$ (Note 9)		1	1.5	mA
DQ Input Current	I_{DQ}	(Note 10)		5		µA
Drift		(Note 11)		±0.2		°C

Imagen del Dispositivo:



Fig. 13. Sensor DS18B20.

Diagrama de conexión del dispositivo:

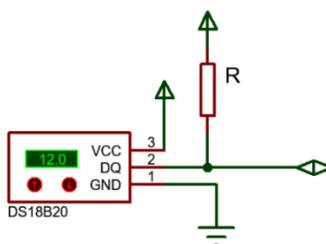


Fig. 14. Diagrama de conexión DS18B20.

El dispositivo requiere de una conexión Pull-Up en su pin de datos para conectarse al microcontrolador.

Detección nivel de agua en tolva

La medición del nivel de agua se realiza través del sensor HC-SR04.

Este se conecta el microcontrolador PIC 18f452, el cual realiza, la petición y procesamiento de la medición.

El sensor HC-SR04 es fabricado por ELEC FREAKS, para la medición de distancia por ultrasonido. Este sensor es del tipo modular, ya que se compone de varios dispositivos que funcionan en conjunto para determinar la variable a medir.

Respecto al protocolo de comunicación deben implementarse dos buses para la sincronización de datos. Un bus se identifica como “disparador” y el restante como “eco”.

Si bien, no existe un protocolo estandarizado para la lectura de la distancia, el fabricante garantiza que se dispondrá de un nivel alto durante determinado tiempo en un pin del sensor, el cual guardará relación directa con la distancia medida.

Entre los principales dispositivos que componen al sensor HC-SR04 se encuentran dos transductores piezoeléctricos, un emisor y un receptor. Sin embargo el sensor requiere de todo un entramado electrónico para poder operar.

Protocolo de comunicación:

Durante el funcionamiento del sensor, el emisor piezoeléctrico emite 8 pulsos de ultrasonido a 40KHz, luego de recibir la orden desde el microcontrolador solicitante. A continuación, las ondas de sonido viajan en el aire y rebotan al encontrar un objeto. El sonido de rebote es detectado por el receptor piezoeléctrico y dicho evento es reflejado en un pin del sensor. Este pin será mantenido durante un nivel alto, un tiempo igual al que demoró la onda desde que fue emitida hasta que fue detectada.

Esto se conoce como tiempo del pulso ECO, el cual, es medido por el microcontrolador para calcular la distancia al objeto.

El funcionamiento del sensor no se ve afectado por la luz solar o material de color negro, aunque los materiales blandos acústicamente como la tela o la lana pueden llegar a ser difíciles de detectar.

El rango de distancia en que un objeto es detectable varía desde los 2 a 450 cm.

La distancia se puede calcular utilizando la siguiente formula:

$$\text{Distancia(m)} = \{(\text{Tiempo del pulso ECO}) * (\text{Velocidad del sonido}=340\text{m/s})\}/2$$

Este valor de distancia será convertido dentro del microcontrolador un nivel de tolva, el cual variará de 1 a 4, según la distancia del sensor al líquido.

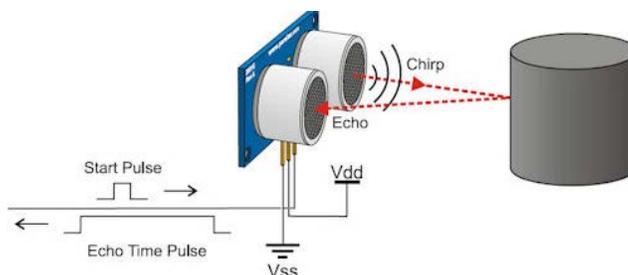


Fig. 15. Sensor HC-SR04.

Especificaciones técnicas brindadas por el fabricante:

Tabla 5. Especificaciones técnicas HC-SR04.

Working Voltage	DC 5 V
Working Current	15mA
Working Frequency	40Hz
Max Range	4m
Min Range	2cm
MeasuringAngle	15 degree
Trigger Input Signal	10uS TTL pulse
Echo Output Signal	Input TTL lever signal and the range in proportion
Dimension	45*20*15mm

Imagen del Dispositivo:



Fig. 16. Sensor HC-SR04.

Diagrama de conexión del dispositivo:

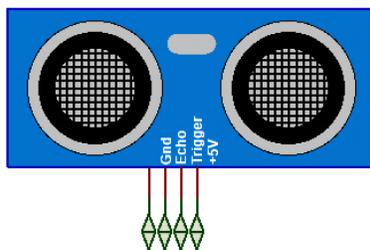


Fig. 17. Diagrama de conexión HC-SR04.

El dispositivo no necesita ninguna conexión adicional para conectarse al microcontrolador.



Detección nivel de alimento en tolva

La medición del nivel de alimento existente en la tolva, es realizada a través de unos sensores ópticos diseñados para tal fin.

El dispositivo elegido para llevar a cabo tal medición, es un medidor de nivel de tolva de la marca AGROTAX, de la empresa ABELARDO CUFFIA S.A.

Estos sensores diseñados para el agro, son adaptables a todo tipo de condiciones externas y su principal ventaja es la lectura ante la suciedad presente en la unidad de medición.

Protocolo de comunicación:

Estos dispositivos se componen de 3 sensores fotoeléctricos, junto a sus emisores. Los mismo trabajan de manera tal que al no detectar luz debido a la interrupción de haz por parte del alimento, dan un nivel de señal alto en uno de sus pines.

Este nivel de señal es procesado por el microcontrolador para calcular, en base a la cantidad de sensores activos, el nivel de alimento disponible.

Tres es la cantidad de sensores implementados en la medición, lo cual permite captar hasta cuatro niveles de alimento.

Imagen del dispositivo:



Fig. 18. Sensor óptico para tolva AGROTAX.



Etapa de control

Construcción y principio de funcionamiento

La etapa de control deriva en la creación de una consola que en su interior se compone de dos circuitos electrónicos.

El primer circuito denominado "circuito lógico", está dedicado a la adquisición de datos, configuración de valores deseados, procesamiento de información y envío de señales en función de la toma de decisiones.

El segundo circuito se encarga de obtener las señales de corrección provenientes del circuito lógico para actuar sobre dispositivos relacionados tanto al ambiente dentro del criadero como a las demás condiciones que impactan sobre la cadena de engorde. Este segundo circuito se llama "circuito de control".

Circuito lógico

El circuito lógico está integrado por un PIC con un software de control en su interior, el cual recibe de la etapa de monitoreo, datos codificados relacionados a magnitudes y tipos de sensores. Cada uno de los datos que ingresan en el PIC, son analizados y comparados con los valores de configuración que fueron cargados por el usuario previamente. Además, la consola tiene la posibilidad de fijar la tolerancia asociada a cada sensor por lo que la "placa lógica" genera un rango de valores dentro de los cuales las condiciones se consideran óptimas. En caso de que los valores de entrada se encuentren fuera del rango deseado, la "placa lógica" envía una señal de alarma codificada hacia la etapa de monitoreo, diciendo cual es el sensor que está fuera del rango y además envía una señal hacia la "placa de control" para corregir el error.

Diseño del circuito lógico

Se utilizó un PIC16F887 debido a que el mismo cuenta con 5 puertos, lo que brinda una gran cantidad de pines de I/O, adecuándose a las necesidades del proyecto.

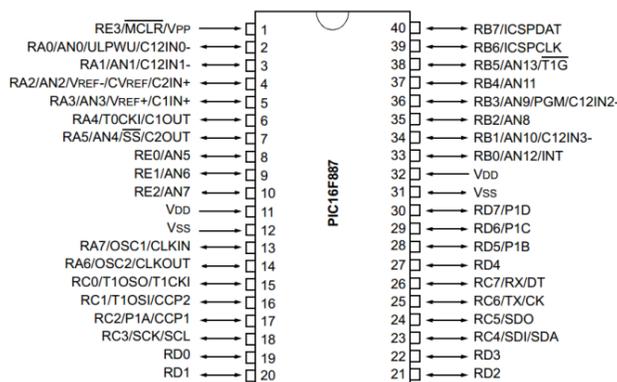


Fig. 19. Diagrama de pines del PIC16F887.

Del puerto C se destinaron los pines C7 y C8 para establecer la comunicación serie con la etapa de monitoreo. A través de esta comunicación se obtendrán las variables medidas y de existir, las alarmas asociadas.

El puerto D se encarga de enviar al BUS de comunicación las señales para que la “placa de control” actúe cuando la magnitud de un sensor se encuentra fuera de los rangos de configuración y a su vez durante la comunicación serie mencionada anteriormente, se enviarán las alarmas asociadas a las variables que se encuentren fuera del rango configurado.

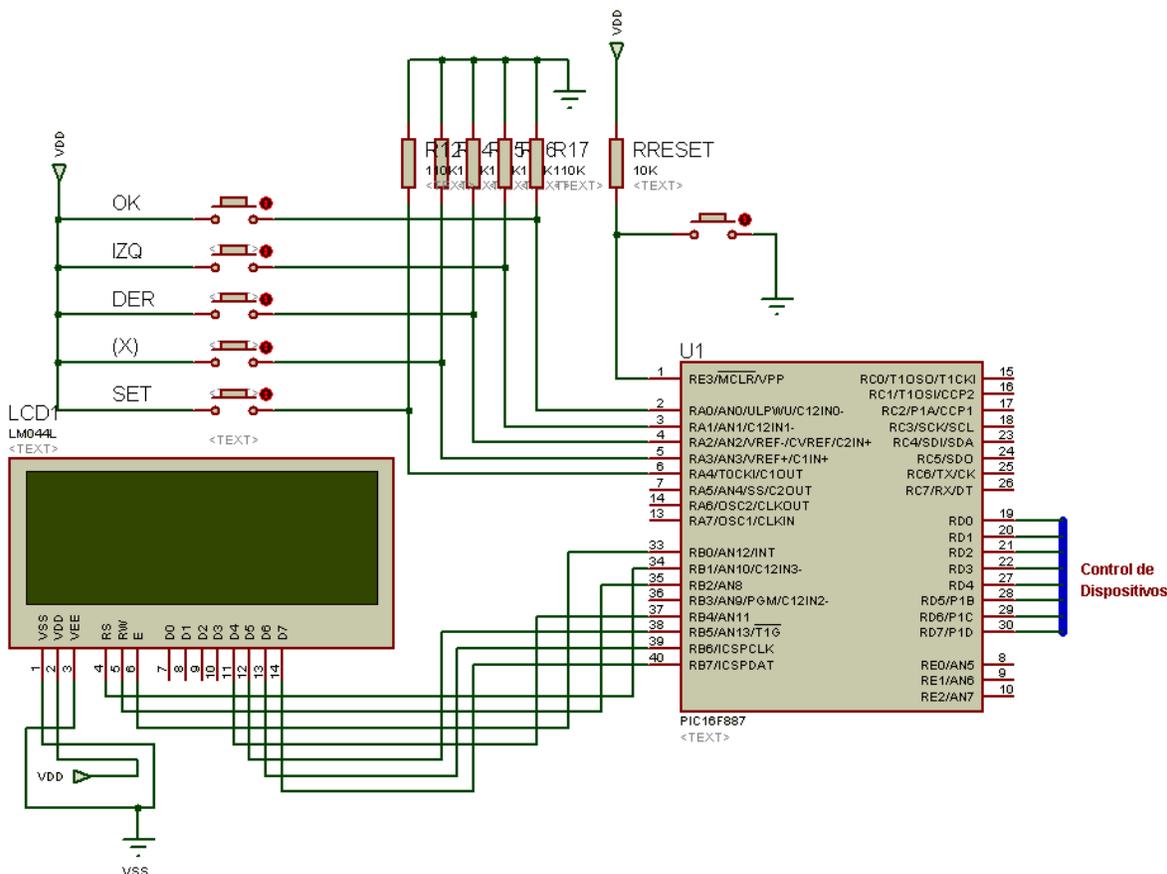


Fig. 20. Diseño del circuito lógico.

El puerto B fue destinado a la utilización de un display LCD de 4x20 líneas para mostrar los valores medidos y los valores configurados con sus tolerancias asociadas.

Por último, los pines restantes del puerto A se establecieron como entradas para el conexionado de los botones del panel frontal que permiten el ingreso de datos, dando como resultado final el diagrama electrónico general del circuito lógico.



Software de control

El desarrollo del software de control fue realizado considerando los siguientes ítems:

- Inicialmente se mostraran valores medidos y rangos configurados en display.
- El software debe tener cargado inicialmente en la memoria ROM del PIC valores de configuración con sus tolerancias asociadas por defecto.
- El usuario debe poder modificar los valores de configuración y sus tolerancias en todo momento y al terminar la selección se deben guardar en la memoria ROM del PIC.
- Se debe poder modificar y guardar todos los valores por separado.
- El display debe mostrar cuando un valor se esté configurando.
- Se deben crear rangos para cada factor a controlar utilizando los valores configurados y las tolerancias cargadas.
- Se debe identificar dentro de los datos que ingresan en el puerto serie, cuales corresponde a valores de mediciones y cuales a las alarmas generadas.
- El software debe decodificar y comparar los valores medidos con los rangos configurados en todo momento.
- Siempre que un valor de medición este fuera del rango óptimo el software deberá mandar una señal de alarma a través del puerto de comunicaciones serie informando cual es el tipo de medición que esta fuera de los valores.
- Siempre que un valor de medición este fuera del rango óptimo el software deberá mandar una señal sobre el puerto D para realizar una acción de corrección.
- La señal de corrección se debe mantener hasta que el sistema este nuevamente dentro de los rangos de configuración.
- Se debe asegurar que durante un ciclo todos los sensores son leídos para que no haya pérdida de información.
- Se debe asegurar que durante la configuración el sistema de control siga actuando.
- Se debe detectar cuando exista una falla de conexión con el sistema de monitoreo (lectura activa en el puerto de comunicaciones serie durante un periodo de tiempo fijo).
- Se debe detectar si los valores de medición de un tipo de sensor están dando un error de medición.
- Se debe establecer un tiempo mínimo en estado de configuración.
- Se debe obtener información de nivel actual de alimento en silo.
- Se debe informar cuando el nivel de alimento contenido en el silo este por debajo del 25%.
- Se debe obtener información de nivel actual de agua en tanque.
- Se debe informar cuando el nivel de agua contenido en el tanque este por debajo del 25%.

Obtención y decodificación de valores medidos

La consola de control se comunica mediante el puerto de comunicaciones serie con la consola de monitoreo, de la cual se reciben los valores de tipo y magnitud de los diferentes sensores para cada uno de los factores que intervienen en el ambiente.

Los datos obtenidos son decodificados según se detalla en la siguiente tabla.

Tabla 6. Códigos enviados desde el PIC de monitoreo al BUS de comunicación

Salida [Decimal]	Variable	Rango de la Magnitud	Errores de medición
1	Temperatura	0 ~ 99	Cod. 254
2	Humedad	0 ~ 99	Cod. 254
3	Temp. Agua	0 ~ 99	Cod. 254
4	Nivel de Alimento	1 ~ 4	Cod. 254
5	Nivel de Agua	1 ~ 4	Cod. 254
6	Sin Asignar	~	~
7	Monitoreo Pausado	0	No aplica

Como la consola de monitoreo cuenta con el envío remoto de información, durante este proceso se agrega la instancia de ignorar la recepción de datos serie, debido a que no existirá toma de datos durante ese lapso de tiempo, por la demora que se genera durante el envío. Cuando el envío de datos se encuentra pausado, la consola de control realiza sus operaciones con los valores de medición que ya había tomado en la última comunicación.

Muestreo de información en display

Al encender la consola de control se mostrara en display la siguiente disposición.

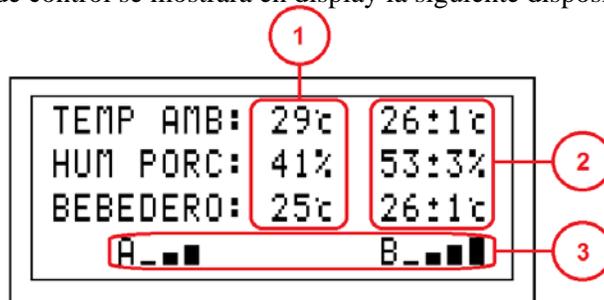


Fig. 21. Información en display.

En el display se puede leer:

- 1- Valores de medición obtenidos de la consola de monitoreo.
- 2- Valores de configuración cargados con su tolerancia asociada.
- 3- Niveles de alimento y agua.



Configuración de valores deseados

La consola de control permite cargar valores de configuración para cada uno de los factores que son medidos por la consola de monitoreo y que intervienen en el ambiente de la nave avícola.

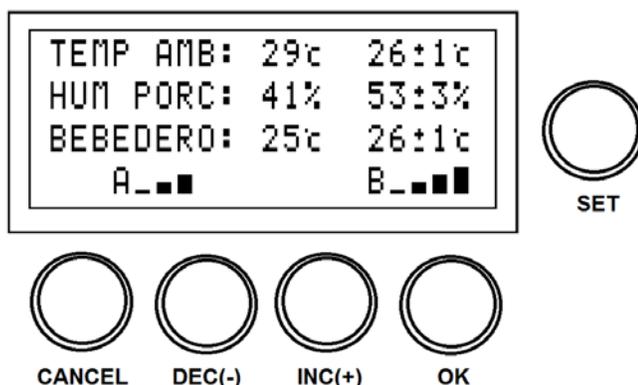


Fig. 22. Información en display.

Presionando el botón (SET) que aparece en el lateral izquierdo del display, se accede a los valores de magnitud y tolerancia guardados en la memoria del PIC.

Presionando las teclas decrementar (-) e incrementar (+) se pueden ir variando cada uno de los distintos valores, presionando la tecla confirmar (OK) se guarda el valor seleccionado en cada uno de los casos y se va avanzando hacia los siguientes valores a configurar. Presionando la tecla cancelar (CANCEL) en cualquier momento durante la configuración, se retorna al menú principal sin guardar los cambios que no hayan sido confirmados previamente.

Tolerancia de valores deseados

Además de la configuración para cada uno de los factores que son medidos, se puede modificar una tolerancia asociada a cada uno con los siguientes valores:

- Tolerancia de temperatura ambiente = +/- 3°C
- Tolerancia de humedad porcentual = +/- 5%
- Tolerancia de temperatura en bebederos = +/- 3°C

De esta manera, con el valor de configuración y su tolerancia asociada, la placa lógica puede crear un rango dentro del cual los datos de cada sensor se consideran óptimos.

En caso de que las mediciones estén fuera del rango, se envía una señal de alarma a la consola de monitoreo mediante el BUS de comunicación y otra señal a la placa de control para que active el sub sistema correspondiente.



Envío de alarmas desde el PIC de control al BUS de comunicación

La consola de control envía alarmas a la consola de monitoreo mediante el BUS de comunicación cuando el valor de medición de una variable se encuentra fuera del rango del valor configurado previamente con su tolerancia asociada de acuerdo a tabla que se muestra a continuación.

Tabla 7. Códigos enviados desde el PIC de control al BUS de comunicación

Temp. Agua [Bit 2]	Humedad [Bit 1]	Temp. Amb. [Bit 0]	Código a Enviar [Decimal]	Existirá Alarma
0	0	0	0	No
0	0	1	1	Si
0	1	0	2	Si
0	1	1	3	Si
1	0	0	4	Si
1	0	1	5	Si
1	1	0	6	Si
1	1	1	7	Si

Cada bit representa una variable controlada y el estado del bit indica si la magnitud asociada a esta variable se encuentra dentro del rango configurado o fuera del rango, lo que permite analizar todas las variables en su conjunto y no llevar el control de ellas individualmente.

- 0 indica que la variable está dentro del rango.
- 1 indica que la variable esta fuera del rango. Alarma.

Circuito de control

El circuito de control fue construido como muestra el diagrama de la Fig.23. Su funcionamiento se basa en el control de relés a través de pulsos que activan o desactivan la alimentación de los dispositivos encargados de la calefacción, refrigeración, pulverización, ventilación y control de temperatura de bebederos.

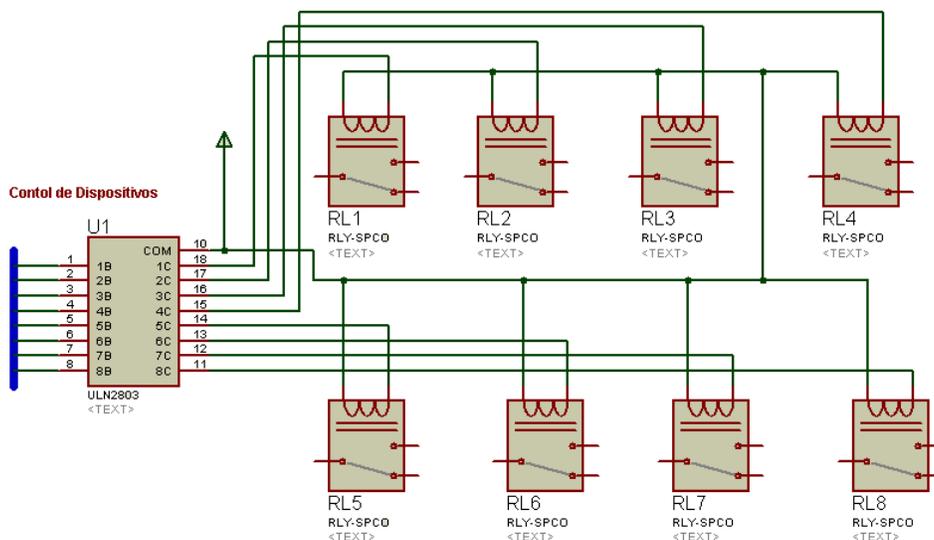


Fig. 23. Diagrama placa de control.

Como puede observarse, además de los relés el circuito utiliza un integrado ULN2803 como interfaz de potencia, el cual presenta en su interior ocho drivers constituidos por dos transistores en configuración Darlington (Fig.24).

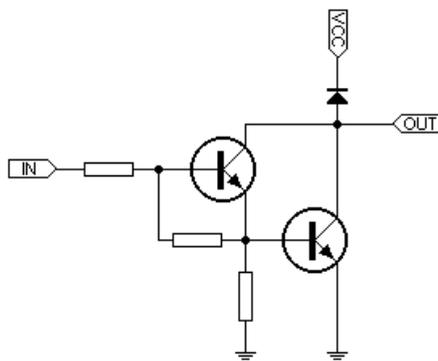


Fig. 24. Driver de potencia.

Cuando el valor proveniente de cualquier sensor esta fuera de los rangos de configuración que fueron cargados en la placa lógica, se envía una señal a la placa de control que activa el dispositivo correspondiente para corregir el ambiente.

Control de dispositivos

Actualmente se utilizan diversos dispositivos para controlar el ambiente dentro de un criadero avícola. La calefacción que es el más ponderado, puede proporcionarse con cualquier tipo de combustible o energía, ya sea electricidad, solar, gas, gas-oíl, carbón, leña, residuos de la explotación, etc. En la actualidad van ganando cada vez más terreno los generadores de aire caliente, que resultan más seguros que equipos que funcionan a gas o combustible y los costos son más reducidos que la generación de calefacción por lámparas o radiadores infrarrojos de gas.

La refrigeración comúnmente se resuelve activando un aire acondicionado que está configurado en un valor deseado y que se activa ante niveles elevados de temperatura.

En el caso de la humedad, cuando dentro de la nave los valores están por debajo de lo deseado se utilizan pulverizadores o aspersores ubicados en el techo de la nave que generan una lluvia muy fina de agua incrementando la humedad porcentual en el ambiente (Fig.25). Cada boquilla está controlada generalmente por un temporizador pero eso hace que se activen periódicamente y no cuando es realmente necesario.

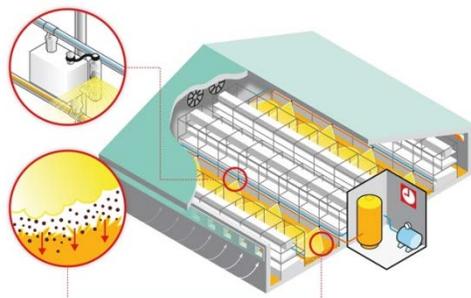


Fig. 25. Sistema de pulverización.

Si la humedad dentro de la nave sobrepasa los valores solicitados se deberían activar ventiladores industriales ubicados estratégicamente para que la circulación de aire sea óptima y la humedad baje (Fig.26). Los ventiladores son accionados por el personal que trabaja dentro de la nave y que deben seguidamente revisar los valores de humedad para saber si los activan o no, volviendo el proceso muy tedioso y poco eficiente.

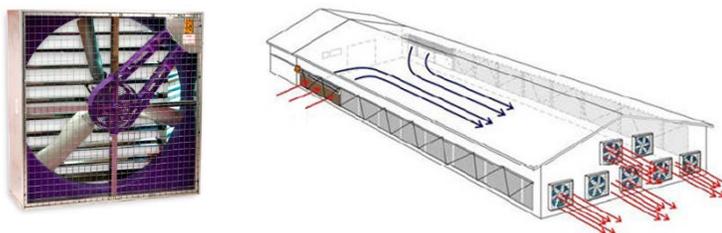


Fig. 26. Sistema de ventilación.

Por último, el control de temperatura del agua en bebederos es sumamente importante ya que las aves no beberán agua si la misma está demasiado fría o si está caliente, repercutiendo esto de manera directa en el índice de mortalidad dentro del criadero.

Conectores para control de dispositivos

Se diseñó una placa que conecta la salida de cada uno de los relés de la placa de control con un puerto externo. Este, esta se encuentra formado por una línea de conectores, cada uno destinado a los distintos contactores que actualmente manipulan los dispositivos a controlar.

La línea de conectores se encuentra debajo de la consola de control como se muestra en imagen.

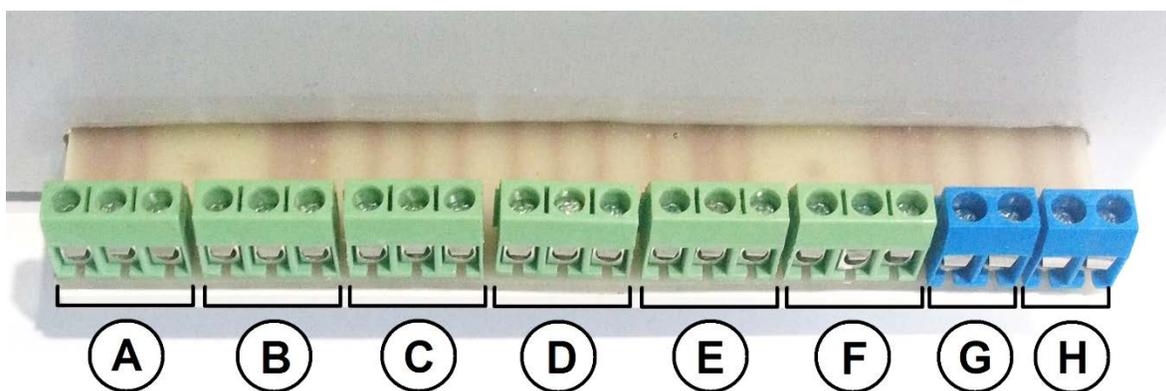


Fig. 27. Conectores para control de contactores de dispositivos.

A continuación se detallan cada uno de los conectores:

- A. Calefacción
- B. Refrigeración
- C. Pulverización
- D. Ventilación
- E. Calentamiento de agua.
- F. Enfriamiento de agua.
- G. Carga de alimento en silo.
- H. Carga de agua en tanque

Los primeros seis puertos cuentan con las configuraciones normal abierto y normal cerrado. Opcionalmente se agregaron los conectores para carga de alimento y agua dejando abierta la posibilidad a futuro de controlarlos.

Montaje y ensayo real del prototipo

El montaje y ensayo real del prototipo consistió en integrar la etapa de monitoreo, la etapa de control, el conjunto de sensores utilizados, el modulo inalámbrico, el módulo WIFI y el sistema de control, todo esto con el fin de que el conjunto funcione de la manera esperada, según lo diseñado.

Respecto a los ensayos realizados, no se encontraron mayores inconvenientes respecto a lo esperado. El trabajo desde su diseño y etapas de prueba, fue desarrollado y programado de manera tal que se disminuyeron los errores finales.

Cabe destacar que cada una de las pruebas realizadas en el prototipo, fueron corroboradas previamente por software, cuyo esquemático fue creado a través de la herramienta de diseño electrónico Proteus 8 Professional.

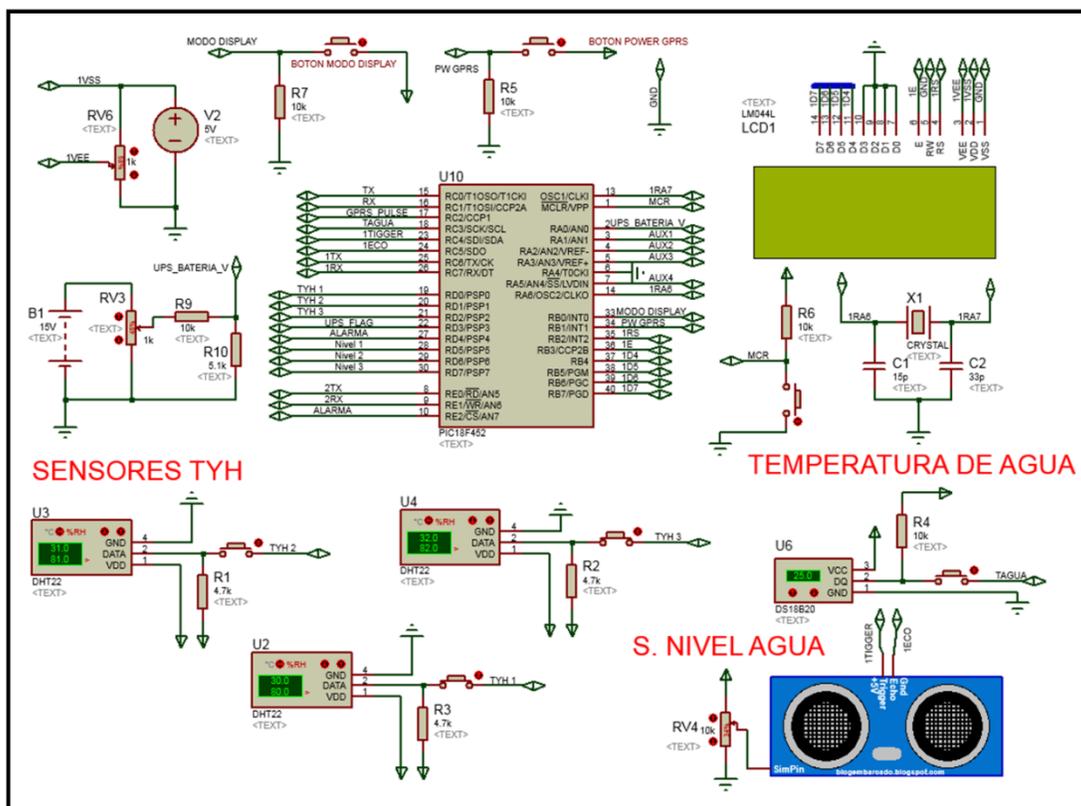


Fig. 28. Etapa de monitoreo en software Proteus 8 Professional.

Para la conectividad entre las etapas de monitoreo y control se utilizó el protocolo de comunicaciones serie. El mismo protocolo de comunicación se implementó para la comunicación del microcontrolador de monitoreo con los periféricos de conectividad inalámbrica. Todas estas comunicaciones resultaron satisfactorias en el momento de los ensayos. Cabe resaltar que los sensores utilizados, debido a la disposición requerida dentro del criadero avícola, llegan al microcontrolador de la etapa de monitoreo, a través de un cableado independiente.

Para la culminación del hardware del proyecto se utilizaron distintas herramientas de fabricación de PCB, de acuerdo a las necesidades y beneficios de cada uno. Dos de los módulos mencionados anteriormente se realizaron a través del software de diseño de PCB conocido como WIZARD PCB, el cual es una versión libre, de fácil acceso.

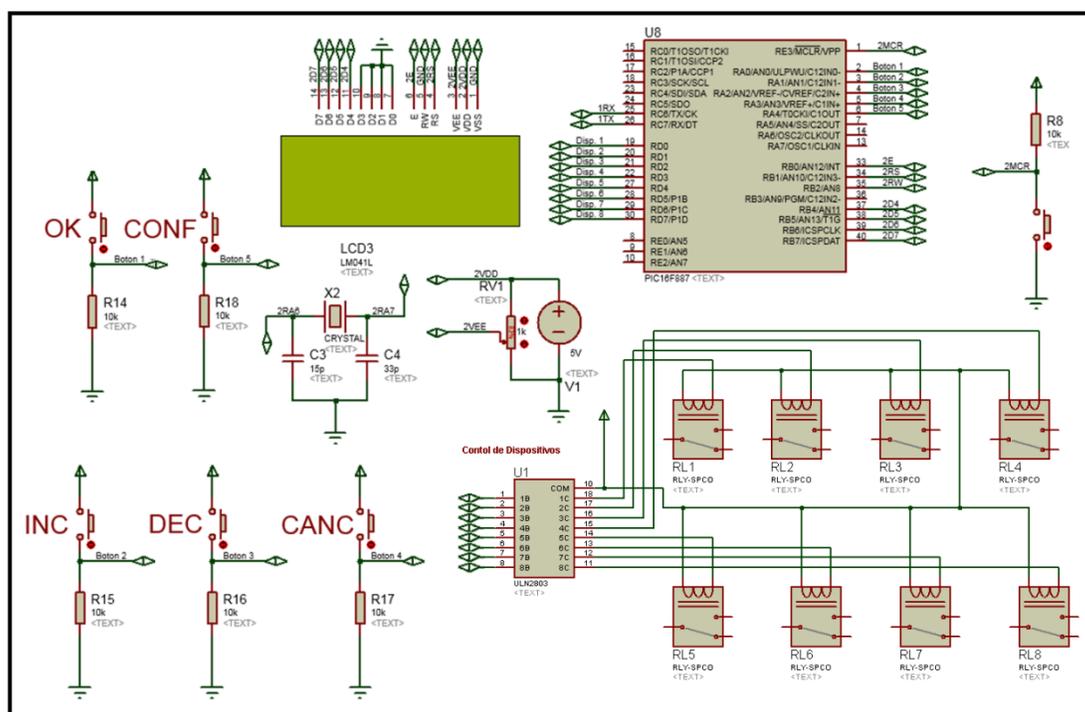


Fig. 29. Etapa de control en software Proteus 8 Professional.

Por cuestiones ya mencionadas, tanto la etapa de monitoreo como la etapa de control se construyeron de manera independiente. A su vez, dentro de cada etapa, pueden encontrarse diferentes módulos según la función específica que cumplen dentro del sistema.

En lo que refiere a la etapa de monitoreo, pueden observarse tres módulos con funciones específicas.

Un módulo contiene como dispositivo principal al microcontrolador, donde se realizan las operaciones lógicas. Otro módulo es el encargado de proveer la alimentación a la totalidad del sistema junto a una fuente de alimentación switching y por último un módulo que contiene todo lo relacionado a la conectividad inalámbrica donde se encuentra el circuito que hace funcionar al dispositivo GSM, y al módulo WIFI, ESP8266. Cabe destacar que el módulo que contiene el dispositivo SIM900, es una versión comercial propia de SIMCOM de muy bajo costo, respecto a la posibilidad de fabricar uno manualmente. Estas versiones, ya disponen de los pines necesarios para efectuar la comunicación. La misma situación se da en la implementación del módulo ESP8266 donde se implementó el uso de una versión comercial disponible como placa de desarrollo.

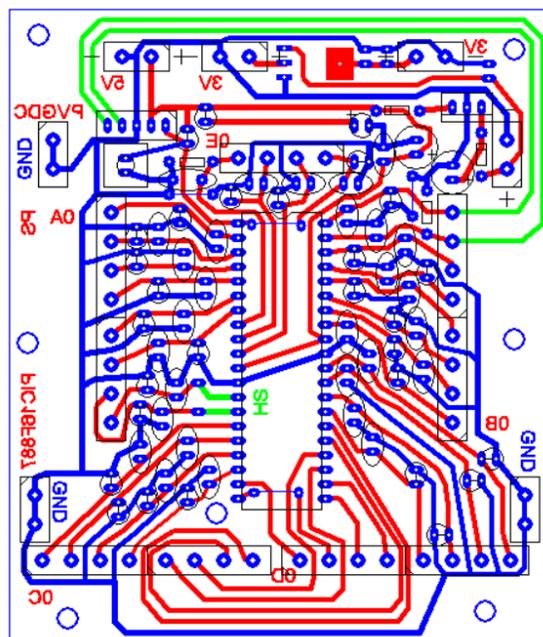


Fig. 30. PCB placa de microcontrolador para etapa de monitoreo.

Puede observarse que, en la culminación del circuito final del módulo para el microcontrolador, no se encuentran disponibles los condensadores cerámicos previstos en el diseño PCB. Esto es porque en el diseño se consideró la posible existencia de ruido, pero al realizarse las pruebas finales se comprobó el correcto funcionamiento, sin la necesidad de colocarlos. Lo mismo se observa en la placa lógica del sistema de control.

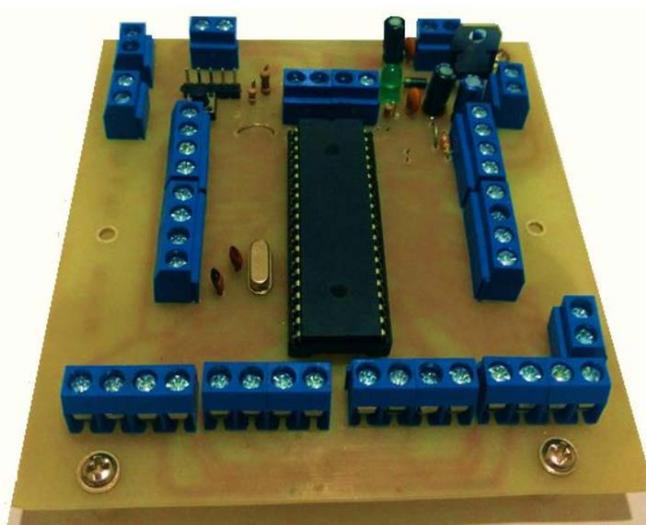


Fig. 31. Placa del microcontrolador para etapa de monitoreo.

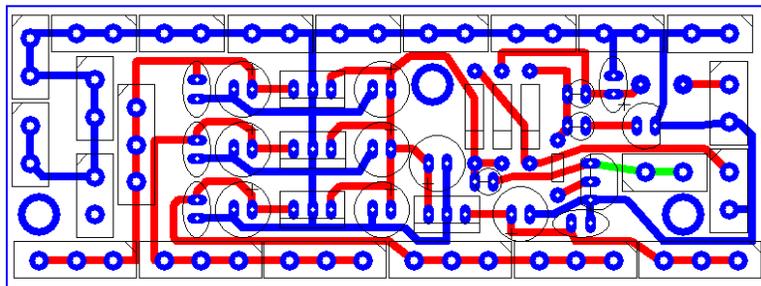


Fig. 32. Diseño PCB de la etapa de regulación y UPS.

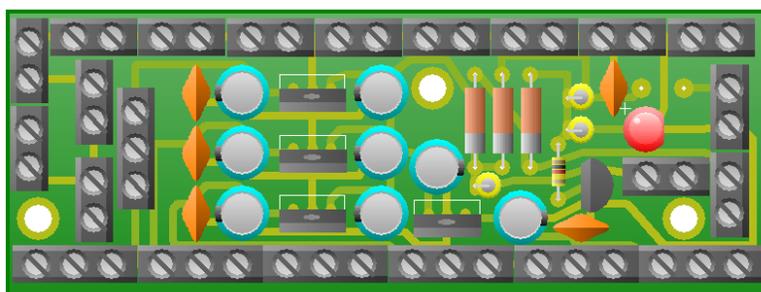


Fig. 33. Circuito de regulación y UPS finalizado.

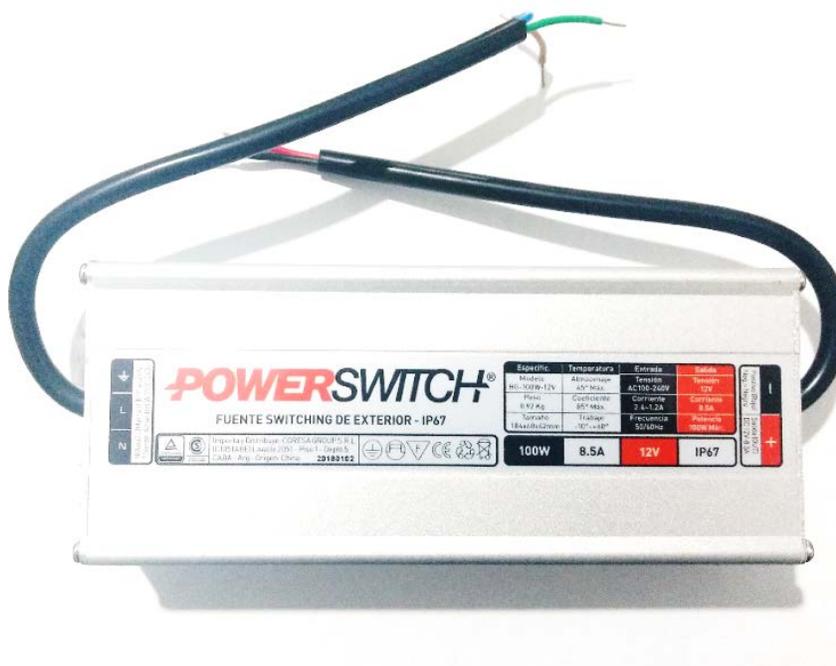


Fig. 34. Fuente de alimentación SWITCHING.



Fig. 35. Módulo GPRS, SIMCOM.



Fig. 36. Módulo WIFI, Espressif.

En lo que refiere a la etapa de control pueden encontrarse dos módulos significativos. El primero es el que centra a todos los dispositivos necesarios para el procesamiento, configuración y conexión del dispositivo de visualización y el segundo el que se encarga de manipular toda la etapa de potencia en manos de los relevadores.

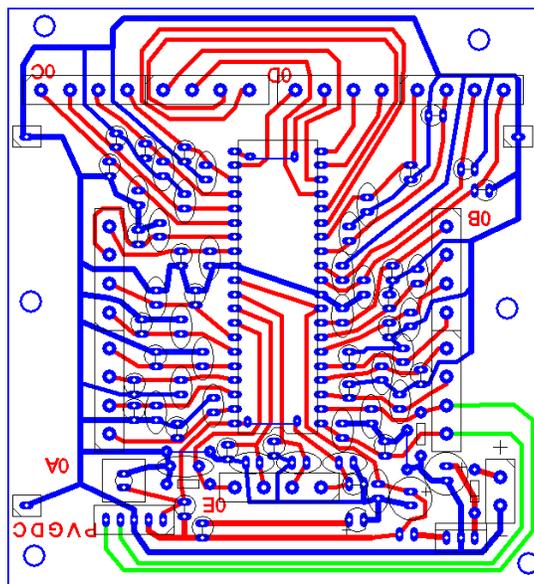


Fig. 37. PCB placa de microcontrolador para etapa de control.

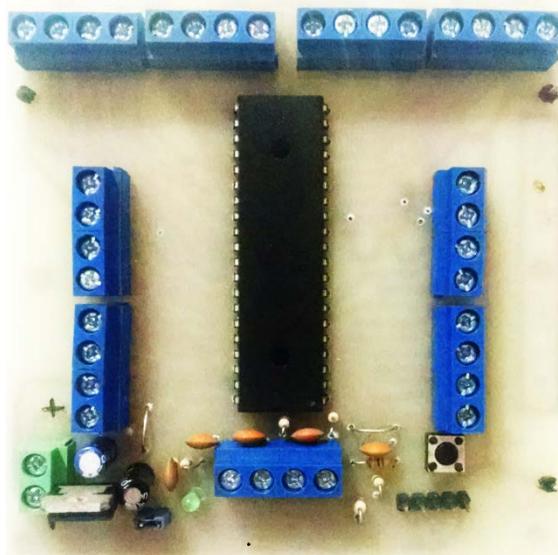


Fig. 38. Placa de microcontrolador para etapa de control.



Análisis del sistema en campo

Finalizado el montaje y ensayo final del producto, este fue sometido a condiciones extremas, análogas a las que se producirían en un criadero avícola convencional.

- Se probaron las respuestas de las consolas ante situaciones tales como la activación y desactivación de motores dentro de la misma la red eléctrica, caso que generalmente se da al encender el sistema de ventilación o los surtidores de tolvas generándose ruido eléctrico.
- Se dejó operando los equipos a la intemperie con el fin de emular las temperaturas altas y bajas de las distintas estaciones del año.
- Se sometió el sistema a conexiones y desconexiones permanentes en la red eléctrica principal, con el fin de probar el funcionamiento del sistema de batería que provee de alimentación ante la interrupción de la red eléctrica de baja tensión.
- Se expuso el sistema a la activación y desactivación momentánea del sistema de batería.
- Se sometió el sistema a una baja tensión de alimentación.

Ante todas estas situaciones la respuesta del sistema fue la esperada en base a las condiciones de seguridad que se plantearon en el alcance. Es decir, que el sistema demostró funcionar correctamente ante la presencia de ruido eléctrico, emitió remotamente las alarmas asociadas al cambio de fuente de energía, informo una baja tensión de alimentación de batería y sobrepaso el funcionamiento normal en temperaturas extremas.

Presentación final del prototipo

El prototipo final fue dispuesto dentro de gabinetes para exterior categoría Ip65. El mismo tipo de disposición se implementó en los distintos sistemas donde se concentran los sensores.

Las etapas de monitoreo y control se interconectaron a través de cables de 1.5mm para los buses de datos y de 2mm para las conexiones de alimentación. El cableado interno dentro de cada etapa, responde a las especificaciones anteriores.

Todos los cableados que presentan externos a los gabinetes fueron recubiertos por vainas corrugadas.

Los conectores implementados en todo el sistema, varían entre los de tipo CPC, WEATHER PACK, y DEUTCH.

Se realizaron distintos tipos de encapsulados para cada uno de los sensores según los requerimientos del ambiente, disposición y lugar de instalación dentro del criadero avícola.

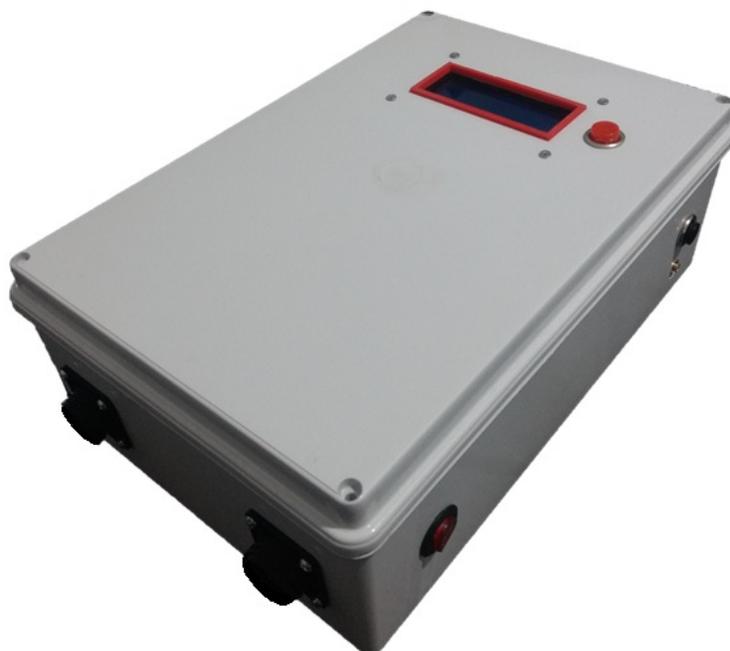


Fig. 39. Vista exterior de la consola de monitoreo.

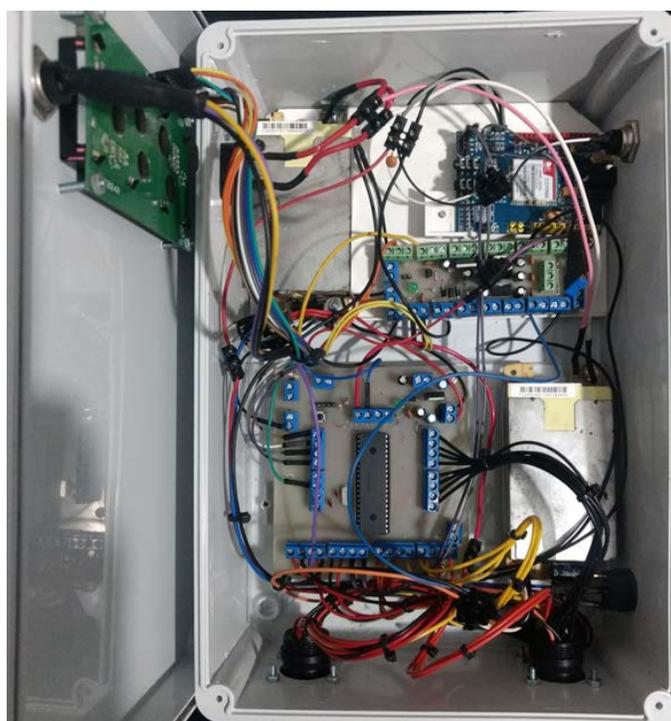


Fig. 40. Vista interior de la consola de monitoreo.



Fig. 41. Vista exterior de la consola de control.

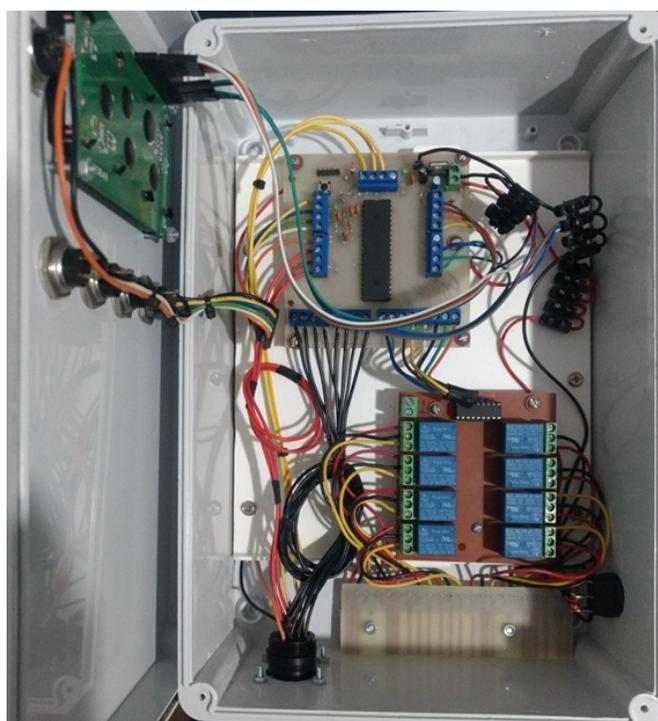


Fig. 42. Vista interior de la consola de control



Fig. 43. Encapsulado para sensor de temperatura de agua.



Fig. 44. Encapsulado para sensor de humedad y temperatura.



Fig. 45. Encapsulado para sensor de nivel de alimento.



Fig. 46. Encapsulado para sensor de nivel de líquido.



Fig. 47. Sistema de automatización finalizado.



Conclusión

Existen en la actualidad muestras claras de que el monitoreo y control constante de ciertos escenarios, ayuda a aumentar la eficiencia en los procesos industriales y por ende a generar una mejora en la productividad de las empresas.

Por tal razón, y en función de las necesidades planteadas por el demandante de este sistema, se buscó, no solo alcanzar un aumento en la productividad en base a la automatización, sino también, suplir una necesidad vinculada a lo económico, debido a los altos costos de personal, mantenimiento y tarifas de servicios.

Lo anterior, permite que un criadero avícola pueda ser sostenible y económicamente rentable, sin la necesidad de tener grandes dimensiones y solo por medio del control automático de su ambiente, dejando al alcance de pequeños productores la posibilidad de competir en el mercado.

Es por ello que, habiendo finalizado y probado el sistema a campo, podemos decir que se ha alcanzado una solución integral, ya que la misma, produce un aporte en diferentes puntos del proceso de producción.

Para alcanzar tal solución y aprovechando las tecnologías existentes, nos enfocamos en generar un sistema de monitoreo que además de brindar una etapa de muestra de información en el lugar donde se desarrolla la actividad, posibilite también tener el manejo de la información generada, de manera periódica y a través de un canal inalámbrico. Otro factor importante que se consideró, relacionado al sistema de control, fue poder desarrollar un producto totalmente adaptable a las instalaciones existentes.

Como resultado, se logró generar un producto, que además de resolver el inconveniente planteado, nos posibilitó abrirnos al uso de nuevas tecnologías, a sumergirnos en actividades de investigación, a interactuar profesionalmente con los interesados que capitalizaban el proyecto y sobre todo, a nutrirnos de distintas herramientas de la ingeniería, que nos permitirán llevar en alto la bandera de nuestra querida Universidad.



Bibliografía

- [1] Microchip Technology Inc., PIC18FXX2 Data Sheet.
- [2] Microchip Technology Inc., PIC16F882/883/884/886/887 Data Sheet.
- [3] SIMCom, SIM908_Hardware_Design_V1.0, User's Manual, 2011.
- [4] Espressif Inc. ESP8266EX Data Sheet, 2018.
- [5] Microcontroladores PIC – Programación en C con ejemplos. Milan Verle. Mikroc Ebooks. 2008.
- [6] Compilador C CCS y Simulador Proteus para Microcontroladores PIC. Eduardo García Breijo. Editorial Marcombo, 2012.
- [7] Crianza de Aves de Corral Saludables. W. Malcolm Reid, Gene M. Pesti, Billy Hargis, Randle Moore, Pran Vohra, William F. Dean, M. A. Hammarlund. Christian Veterinary Mission, 1995.
- [8] Guía de Manejo del Pollo de Engorde. Arbor Acres. Aviagen Limited. 2009.
- [9] Aldemar Yandar Barahona, Enrique Pupualies Cuasquer; Producción pollos de engorde; Editorial Produmedios; Primera Edición; 2004.
- [10] Norma Reynaga Huamani de Nina; Crianza, producción y comercialización de pollos de engorde; Editorial Macro; Primera edición; 2014.
- [11] Mario Sergio Assayag Jr. y Jorge Chacon; Manejo del ambiente interno en el galpón de pollo de carne y su relación con el performance productivo; MV Rev. De Cien.Vet. Vol. 21 N°4; Lima, Perú; 2005.
- [12]https://previa.uclm.es/profesorado/produccionanimal/ProduccionAnimalIII/GUIA%20AVICULTURA_castella.pdf última consulta 07/06/2018



Anexos

Anexo Alpha: Hoja de datos PIC 18F452



PIC18FXX2 Data Sheet

High-Performance, Enhanced Flash
Microcontrollers with 10-Bit A/D



PIC18FXX2

28/40-pin High Performance, Enhanced FLASH Microcontrollers with 10-Bit A/D

High Performance RISC CPU:

- C compiler optimized architecture/instruction set
 - Source code compatible with the PIC16 and PIC17 instruction sets
- Linear program memory addressing to 32 Kbytes
- Linear data memory addressing to 1.5 Kbytes

Device	On-Chip Program Memory		On-Chip RAM (bytes)	Data EEPROM (bytes)
	FLASH (bytes)	# Single Word Instructions		
PIC18F242	16K	8192	768	256
PIC18F252	32K	16384	1536	256
PIC18F442	16K	8192	768	256
PIC18F452	32K	16384	1536	256

- Up to 10 MIPS operation:
 - DC - 40 MHz osc./clock input
 - 4 MHz - 10 MHz osc./clock input with PLL active
- 16-bit wide instructions, 8-bit wide data path
- Priority levels for interrupts
- 8 x 8 Single Cycle Hardware Multiplier

Peripheral Features:

- High current sink/source 25 mA/25 mA
- Three external interrupt pins
- Timer0 module: 8-bit/16-bit timer/counter with 8-bit programmable prescaler
- Timer1 module: 16-bit timer/counter
- Timer2 module: 8-bit timer/counter with 8-bit period register (time-base for PWM)
- Timer3 module: 16-bit timer/counter
- Secondary oscillator clock option - Timer1/Timer3
- Two Capture/Compare/PWM (CCP) modules. CCP pins that can be configured as:
 - Capture input: capture is 16-bit, max. resolution 6.25 ns (T_{cy}/16)
 - Compare is 16-bit, max. resolution 100 ns (T_{cy})
 - PWM output: PWM resolution is 1- to 10-bit, max. PWM freq. @: 8-bit resolution = 156 kHz
10-bit resolution = 39 kHz
- Master Synchronous Serial Port (MSSP) module, Two modes of operation:
 - 3-wire SPI™ (supports all 4 SPI modes)
 - I²C™ Master and Slave mode

Peripheral Features (Continued):

- Addressable USART module:
 - Supports RS-485 and RS-232
- Parallel Slave Port (PSP) module

Analog Features:

- Compatible 10-bit Analog-to-Digital Converter module (A/D) with:
 - Fast sampling rate
 - Conversion available during SLEEP
 - Linearity ≤ 1 LSB
- Programmable Low Voltage Detection (PLVD)
 - Supports interrupt on-Low Voltage Detection
- Programmable Brown-out Reset (BOR)

Special Microcontroller Features:

- 100,000 erase/write cycle Enhanced FLASH program memory typical
- 1,000,000 erase/write cycle Data EEPROM memory
- FLASH/Data EEPROM Retention: > 40 years
- Self-reprogrammable under software control
- Power-on Reset (POR), Power-up Timer (PWRT) and Oscillator Start-up Timer (OST)
- Watchdog Timer (WDT) with its own On-Chip RC Oscillator for reliable operation
- Programmable code protection
- Power saving SLEEP mode
- Selectable oscillator options including:
 - 4X Phase Lock Loop (of primary oscillator)
 - Secondary Oscillator (32 kHz) clock input
- Single supply 5V In-Circuit Serial Programming™ (ICSP™) via two pins
- In-Circuit Debug (ICD) via two pins

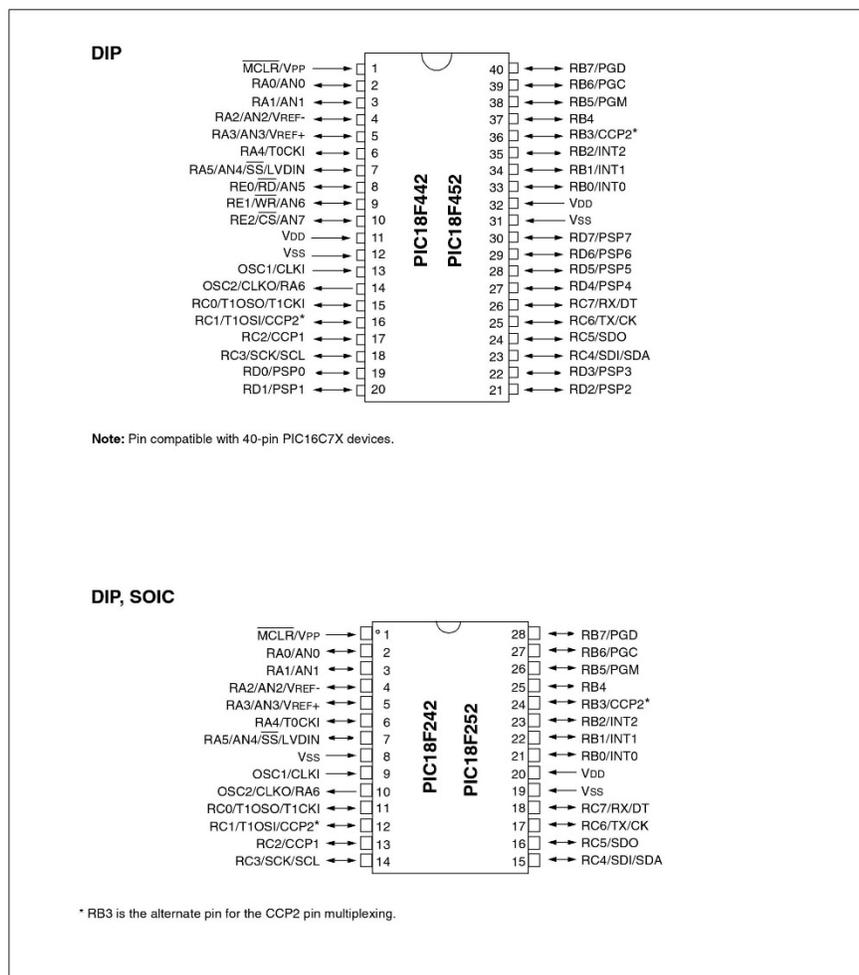
CMOS Technology:

- Low power, high speed FLASH/EEPROM technology
- Fully static design
- Wide operating voltage range (2.0V to 5.5V)
- Industrial and Extended temperature ranges
- Low power consumption:
 - < 1.6 mA typical @ 5V, 4 MHz
 - 25 µA typical @ 3V, 32 kHz
 - < 0.2 µA typical standby current



PIC18FXX2

Pin Diagrams (Cont.'d)





PIC18FXX2

1.0 DEVICE OVERVIEW

This document contains device specific information for the following devices:

- PIC18F242
- PIC18F252
- PIC18F442
- PIC18F452

These devices come in 28-pin and 40/44-pin packages. The 28-pin devices do not have a Parallel Slave Port (PSP) implemented and the number of Analog-to-Digital (A/D) converter input channels is reduced to 5. An overview of features is shown in Table 1-1.

The following two figures are device block diagrams sorted by pin count: 28-pin for Figure 1-1 and 40/44-pin for Figure 1-2. The 28-pin and 40/44-pin pinouts are listed in Table 1-2 and Table 1-3, respectively.

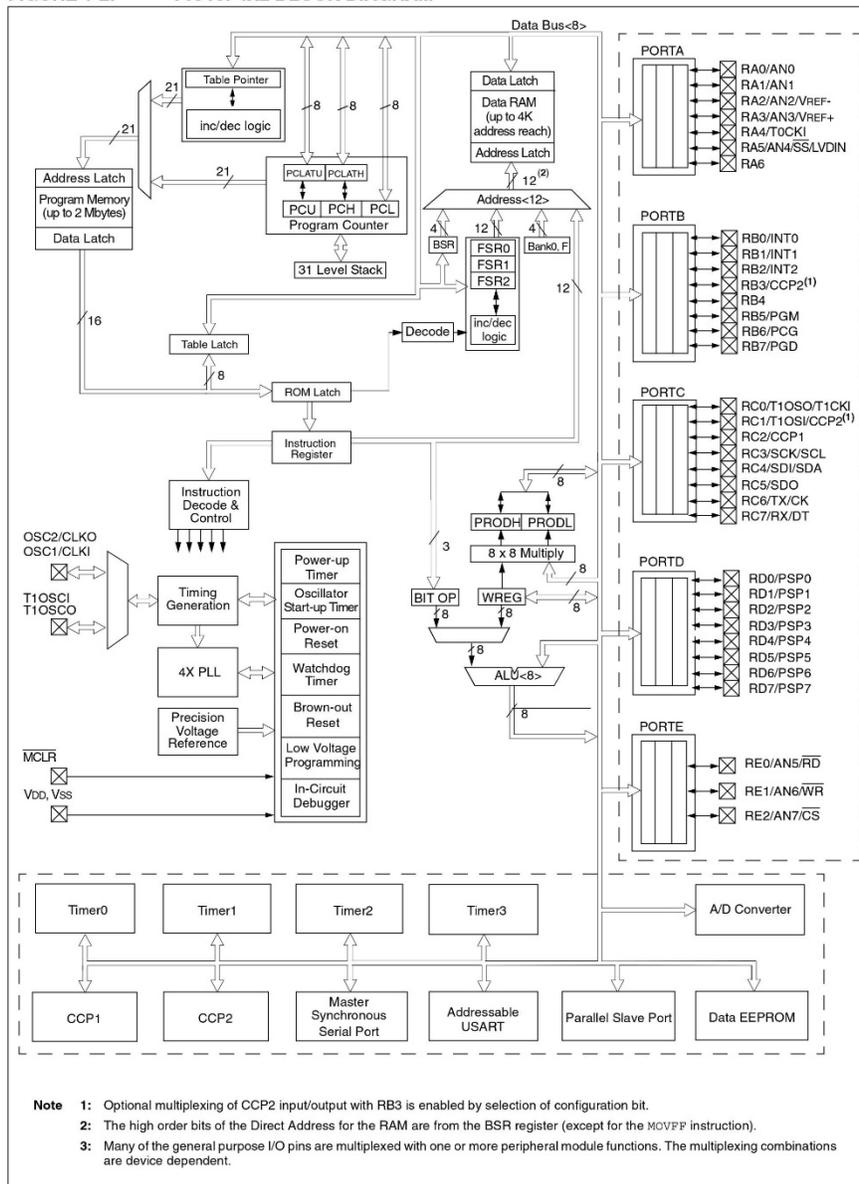
TABLE 1-1: DEVICE FEATURES

Features	PIC18F242	PIC18F252	PIC18F442	PIC18F452
Operating Frequency	DC - 40 MHz			
Program Memory (Bytes)	16K	32K	16K	32K
Program Memory (Instructions)	8192	16384	8192	16384
Data Memory (Bytes)	768	1536	768	1536
Data EEPROM Memory (Bytes)	256	256	256	256
Interrupt Sources	17	17	18	18
I/O Ports	Ports A, B, C	Ports A, B, C	Ports A, B, C, D, E	Ports A, B, C, D, E
Timers	4	4	4	4
Capture/Compare/PWM Modules	2	2	2	2
Serial Communications	MSSP, Addressable USART	MSSP, Addressable USART	MSSP, Addressable USART	MSSP, Addressable USART
Parallel Communications	—	—	PSP	PSP
10-bit Analog-to-Digital Module	5 input channels	5 input channels	8 input channels	8 input channels
RESETS (and Delays)	POR, BOR, RESET Instruction, Stack Full, Stack Underflow (PWRT, OST)			
Programmable Low Voltage Detect	Yes	Yes	Yes	Yes
Programmable Brown-out Reset	Yes	Yes	Yes	Yes
Instruction Set	75 Instructions	75 Instructions	75 Instructions	75 Instructions
Packages	28-pin DIP 28-pin SOIC	28-pin DIP 28-pin SOIC	40-pin DIP 44-pin PLCC 44-pin TQFP	40-pin DIP 44-pin PLCC 44-pin TQFP



PIC18FXX2

FIGURE 1-2: PIC18F4X2 BLOCK DIAGRAM





PIC18FXX2

TABLE 1-3: PIC18F4X2 PINOUT I/O DESCRIPTIONS

Pin Name	Pin Number			Pin Type	Buffer Type	Description
	DIP	PLCC	TQFP			
MCLR/VPP	1	2	18			Master Clear (input) or high voltage ICSP programming enable pin. Master Clear (Reset) input. This pin is an active low RESET to the device. High voltage ICSP programming enable pin.
MCLR				I	ST	
VPP				I	ST	
NC	—			—	—	These pins should be left unconnected.
OSC1/CLKI OSC1	13	14	30	I	ST	Oscillator crystal or external clock input. Oscillator crystal input or external clock source input. ST buffer when configured in RC mode, CMOS otherwise. External clock source input. Always associated with pin function OSC1. (See related OSC1/CLKI, OSC2/CLKO pins.)
CLKI				I	CMOS	
OSC2/CLKO/RA6 OSC2	14	15	31	O	—	Oscillator crystal or clock output. Oscillator crystal output. Connects to crystal or resonator in Crystal Oscillator mode. In RC mode, OSC2 pin outputs CLKO, which has 1/4 the frequency of OSC1 and denotes the instruction cycle rate. General Purpose I/O pin.
CLKO				O	—	
RA6				I/O	TTL	
RA0/AN0 RA0 AN0	2	3	19	I/O I	TTL Analog	PORTA is a bi-directional I/O port. Digital I/O. Analog input 0. Digital I/O. Analog input 1. Digital I/O. Analog input 2. A/D Reference Voltage (Low) input. Digital I/O. Analog input 3. A/D Reference Voltage (High) input. Digital I/O. Open drain when configured as output. Timer0 external clock input. Digital I/O. Analog input 4. SPI Slave Select input. Low Voltage Detect Input. (See the OSC2/CLKO/RA6 pin.)
RA1/AN1 RA1 AN1	3	4	20	I/O I	TTL Analog	
RA2/AN2/VREF- RA2 AN2 VREF-	4	5	21	I/O I I	TTL Analog Analog	
RA3/AN3/VREF+ RA3 AN3 VREF+	5	6	22	I/O I I	TTL Analog Analog	
RA4/T0CKI RA4 T0CKI	6	7	23	I/O I	ST/OD ST	
RA5/AN4/SS/LVDIN RA5 AN4 SS LVDIN	7	8	24	I/O I I I	TTL Analog ST Analog	
RA6						

Legend: TTL = TTL compatible input
ST = Schmitt Trigger input with CMOS levels
O = Output
OD = Open Drain (no P diode to V_{DD})

CMOS = CMOS compatible input or output
I = Input
P = Power



PIC18FXX2

TABLE 1-3: PIC18F4X2 PINOUT I/O DESCRIPTIONS (CONTINUED)

Pin Name	Pin Number			Pin Type	Buffer Type	Description
	DIP	PLCC	TQFP			
RB0/INT0 RB0 INT0	33	36	8	I/O I	TTL ST	PORTB is a bi-directional I/O port. PORTB can be software programmed for internal weak pull-ups on all inputs. Digital I/O. External Interrupt 0.
RB1/INT1 RB1 INT1	34	37	9	I/O I	TTL ST	External Interrupt 1.
RB2/INT2 RB2 INT2	35	38	10	I/O I	TTL ST	Digital I/O. External Interrupt 2.
RB3/CCP2 RB3 CCP2	36	39	11	I/O I/O	TTL ST	Digital I/O. Capture2 input, Compare2 output, PWM2 output.
RB4	37	41	14	I/O	TTL	Digital I/O. Interrupt-on-change pin.
RB5/PGM RB5 PGM	38	42	15	I/O I/O	TTL ST	Digital I/O. Interrupt-on-change pin. Low Voltage ICSP programming enable pin.
RB6/PGC RB6 PGC	39	43	16	I/O I/O	TTL ST	Digital I/O. Interrupt-on-change pin. In-Circuit Debugger and ICSP programming clock pin.
RB7/PGD RB7 PGD	40	44	17	I/O I/O	TTL ST	Digital I/O. Interrupt-on-change pin. In-Circuit Debugger and ICSP programming data pin.

Legend: TTL = TTL compatible input
 ST = Schmitt Trigger input with CMOS levels
 O = Output
 OD = Open Drain (no P diode to VDD)

CMOS = CMOS compatible input or output
 I = Input
 P = Power



PIC18FXX2

TABLE 1-3: PIC18F4X2 PINOUT I/O DESCRIPTIONS (CONTINUED)

Pin Name	Pin Number			Pin Type	Buffer Type	Description
	DIP	PLCC	TQFP			
PORTC is a bi-directional I/O port.						
RC0/T1OSO/T1CKI RC0 T1OSO T1CKI	15	16	32	I/O O I	ST — ST	Digital I/O. Timer1 oscillator output. Timer1/Timer3 external clock input.
RC1/T1OSI/CCP2 RC1 T1OSI CCP2	16	18	35	I/O I I/O	ST CMOS ST	Digital I/O. Timer1 oscillator input. Capture2 input, Compare2 output, PWM2 output.
RC2/CCP1 RC2 CCP1	17	19	36	I/O I/O	ST ST	Digital I/O. Capture1 input/Compare1 output/PWM1 output.
RC3/SCK/SCL RC3 SCK SCL	18	20	37	I/O I/O I/O	ST ST ST	Digital I/O. Synchronous serial clock input/output for SPI mode. Synchronous serial clock input/output for I ² C mode.
RC4/SDI/SDA RC4 SDI SDA	23	25	42	I/O I I/O	ST ST ST	Digital I/O. SPI Data In. I ² C Data I/O.
RC5/SDO RC5 SDO	24	26	43	I/O O	ST —	Digital I/O. SPI Data Out.
RC6/TX/CK RC6 TX CK	25	27	44	I/O O I/O	ST — ST	Digital I/O. USART Asynchronous Transmit. USART Synchronous Clock (see related RX/DT).
RC7/RX/DT RC7 RX DT	26	29	1	I/O I I/O	ST ST ST	Digital I/O. USART Asynchronous Receive. USART Synchronous Data (see related TX/CK).

Legend: TTL = TTL compatible input
 ST = Schmitt Trigger input with CMOS levels
 O = Output
 OD = Open Drain (no P diode to VDD)

CMOS = CMOS compatible input or output
 I = Input
 P = Power



PIC18FXX2

TABLE 1-3: PIC18F4X2 PINOUT I/O DESCRIPTIONS (CONTINUED)

Pin Name	Pin Number			Pin Type	Buffer Type	Description
	DIP	PLCC	TQFP			
RD0/PSP0	19	21	38	I/O	ST TTL	PORTD is a bi-directional I/O port, or a Parallel Slave Port (PSP) for interfacing to a microprocessor port. These pins have TTL input buffers when PSP module is enabled. Digital I/O. Parallel Slave Port Data.
RD1/PSP1	20	22	39	I/O	ST TTL	Digital I/O. Parallel Slave Port Data.
RD2/PSP2	21	23	40	I/O	ST TTL	Digital I/O. Parallel Slave Port Data.
RD3/PSP3	22	24	41	I/O	ST TTL	Digital I/O. Parallel Slave Port Data.
RD4/PSP4	27	30	2	I/O	ST TTL	Digital I/O. Parallel Slave Port Data.
RD5/PSP5	28	31	3	I/O	ST TTL	Digital I/O. Parallel Slave Port Data.
RD6/PSP6	29	32	4	I/O	ST TTL	Digital I/O. Parallel Slave Port Data.
RD7/PSP7	30	33	5	I/O	ST TTL	Digital I/O. Parallel Slave Port Data.
RE0/ $\overline{\text{RD}}$ /AN5 RE0 RD	8	9	25	I/O	ST TTL	PORTE is a bi-directional I/O port. Digital I/O. Read control for parallel slave port (see also $\overline{\text{WR}}$ and $\overline{\text{CS}}$ pins).
AN5					Analog	Analog input 5.
RE1/ $\overline{\text{WR}}$ /AN6 RE1 WR	9	10	26	I/O	ST TTL	Digital I/O. Write control for parallel slave port (see $\overline{\text{CS}}$ and $\overline{\text{RD}}$ pins).
AN6					Analog	Analog input 6.
RE2/ $\overline{\text{CS}}$ /AN7 RE2 CS	10	11	27	I/O	ST TTL	Digital I/O. Chip Select control for parallel slave port (see related $\overline{\text{RD}}$ and $\overline{\text{WR}}$).
AN7					Analog	Analog input 7.
Vss	12, 31	13, 34	6, 29	P	—	Ground reference for logic and I/O pins.
VDD	11, 32	12, 35	7, 28	P	—	Positive supply for logic and I/O pins.

Legend: TTL = TTL compatible input
ST = Schmitt Trigger input with CMOS levels
O = Output
OD = Open Drain (no P diode to VDD)

CMOS = CMOS compatible input or output
I = Input
P = Power



Anexo Bravo: Hoja de datos PIC 16F887



PIC16F882/883/884/886/887
Data Sheet

28/40/44-Pin, Enhanced Flash-Based 8-Bit
CMOS Microcontrollers with
nanoWatt Technology



PIC16F882/883/884/886/887

28/40/44-Pin Flash-Based, 8-Bit CMOS Microcontrollers with nanoWatt Technology

High-Performance RISC CPU:

- Only 35 Instructions to Learn:
 - All single-cycle instructions except branches
- Operating Speed:
 - DC – 20 MHz oscillator/clock input
 - DC – 200 ns instruction cycle
- Interrupt Capability
- 8-Level Deep Hardware Stack
- Direct, Indirect and Relative Addressing modes

Special Microcontroller Features:

- Precision Internal Oscillator:
 - Factory calibrated to $\pm 1\%$
 - Software selectable frequency range of 8 MHz to 31 kHz
 - Software tunable
 - Two-Speed Start-up mode
 - Crystal fail detect for critical applications
 - Clock mode switching during operation for power savings
- Power-Saving Sleep mode
- Wide Operating Voltage Range (2.0V-5.5V)
- Industrial and Extended Temperature Range
- Power-on Reset (POR)
- Power-up Timer (PWRT) and Oscillator Start-up Timer (OST)
- Brown-out Reset (BOR) with Software Control Option
- Enhanced Low-Current Watchdog Timer (WDT) with On-Chip Oscillator (software selectable nominal 268 seconds with full prescaler) with software enable
- Multiplexed Master Clear with Pull-up/Input Pin
- Programmable Code Protection
- High Endurance Flash/EEPROM Cell:
 - 100,000 write Flash endurance
 - 1,000,000 write EEPROM endurance
 - Flash/Data EEPROM retention: > 40 years
- Program Memory Read/Write during run time
- In-Circuit Debugger (on board)

Low-Power Features:

- Standby Current:
 - 50 nA @ 2.0V, typical
- Operating Current:
 - 11 μA @ 32 kHz, 2.0V, typical
 - 220 μA @ 4 MHz, 2.0V, typical
- Watchdog Timer Current:
 - 1 μA @ 2.0V, typical

Peripheral Features:

- 24/35 I/O Pins with Individual Direction Control:
 - High current source/sink for direct LED drive
 - Interrupt-on-Change pin
 - Individually programmable weak pull-ups
 - Ultra Low-Power Wake-up (ULPWU)
- Analog Comparator Module with:
 - Two analog comparators
 - Programmable on-chip voltage reference (CVREF) module (% of VDD)
 - Fixed voltage reference (0.6V)
 - Comparator inputs and outputs externally accessible
 - SR Latch mode
 - External Timer1 Gate (count enable)
- A/D Converter:
 - 10-bit resolution and 11/14 channels
- Timer0: 8-bit Timer/Counter with 8-bit Programmable Prescaler
- Enhanced Timer1:
 - 16-bit timer/counter with prescaler
 - External Gate Input mode
 - Dedicated low-power 32 kHz oscillator
- Timer2: 8-bit Timer/Counter with 8-bit Period Register, Prescaler and Postscaler
- Enhanced Capture, Compare, PWM+ Module:
 - 16-bit Capture, max. resolution 12.5 ns
 - Compare, max. resolution 200 ns
 - 10-bit PWM with 1, 2 or 4 output channels, programmable "dead time", max. frequency 20 kHz
 - PWM output steering control
- Capture, Compare, PWM Module:
 - 16-bit Capture, max. resolution 12.5 ns
 - 16-bit Compare, max. resolution 200 ns
 - 10-bit PWM, max. frequency 20 kHz
- Enhanced USART Module:
 - Supports RS-485, RS-232, and LIN 2.0
 - Auto-Baud Detect
 - Auto-Wake-Up on Start bit
- In-Circuit Serial Programming™ (ICSP™) via Two Pins
- Master Synchronous Serial Port (MSSP) Module supporting 3-wire SPI (all 4 modes) and I²C™ Master and Slave Modes with I²C Address Mask



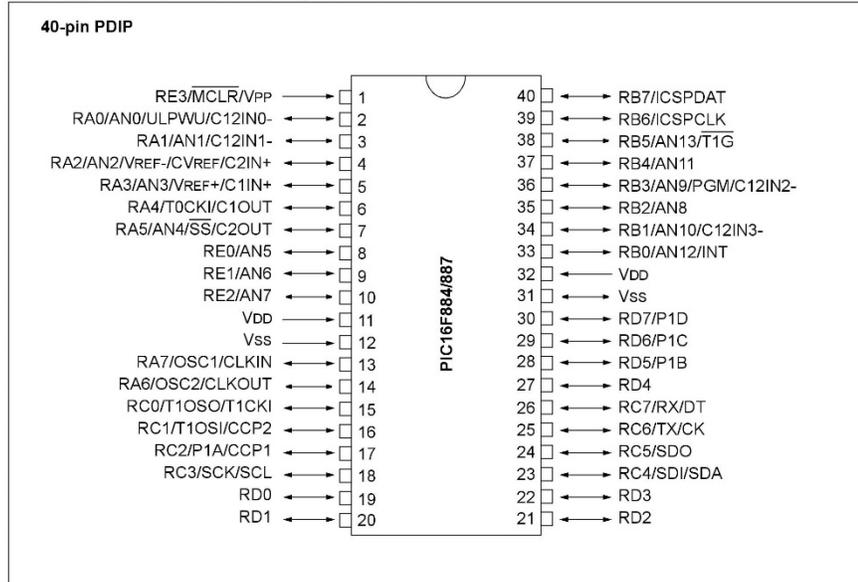
PIC16F882/883/884/886/887

Device	Program Memory	Data Memory		I/O	10-bit A/D (ch)	ECCP/ CCP	EUSART	MSSP	Comparators	Timers 8/16-bit
	Flash (words)	SRAM (bytes)	EEPROM (bytes)							
PIC16F882	2048	128	128	24	11	1/1	1	1	2	2/1
PIC16F883	4096	256	256	24	11	1/1	1	1	2	2/1
PIC16F884	4096	256	256	35	14	1/1	1	1	2	2/1
PIC16F886	8192	368	256	24	11	1/1	1	1	2	2/1
PIC16F887	8192	368	256	35	14	1/1	1	1	2	2/1



PIC16F882/883/884/886/887

Pin Diagrams – PIC16F884/887, 40-Pin PDIP





PIC16F882/883/884/886/887

TABLE 3: PIC16F884/887 40-PIN SUMMARY (PDIP)

I/O	Pin	Analog	Comparators	Timers	ECCP	EUSART	MSSP	Interrupt	Pull-up	Basic
RA0	2	AN0/ULPWU	C12IN0-	—	—	—	—	—	—	—
RA1	3	AN1	C12IN1-	—	—	—	—	—	—	—
RA2	4	AN2	C2IN+	—	—	—	—	—	—	VREF-/CVREF
RA3	5	AN3	C1IN+	—	—	—	—	—	—	VREF+
RA4	6	—	C1OUT	T0CKI	—	—	—	—	—	—
RA5	7	AN4	C2OUT	—	—	—	SS	—	—	—
RA6	14	—	—	—	—	—	—	—	—	OSC2/CLKOUT
RA7	13	—	—	—	—	—	—	—	—	OSC1/CLKIN
RB0	33	AN12	—	—	—	—	—	IOC/INT	Y	—
RB1	34	AN10	C12IN3-	—	—	—	—	IOC	Y	—
RB2	35	AN8	—	—	—	—	—	IOC	Y	—
RB3	36	AN9	C12IN2-	—	—	—	—	IOC	Y	PGM
RB4	37	AN11	—	—	—	—	—	IOC	Y	—
RB5	38	AN13	—	T1G	—	—	—	IOC	Y	—
RB6	39	—	—	—	—	—	—	IOC	Y	ICSPCLK
RB7	40	—	—	—	—	—	—	IOC	Y	ICSPDAT
RC0	15	—	—	T1OSO/T1CKI	—	—	—	—	—	—
RC1	16	—	—	T1OSI	CCP2	—	—	—	—	—
RC2	17	—	—	—	CCP1/P1A	—	—	—	—	—
RC3	18	—	—	—	—	—	SCK/SCL	—	—	—
RC4	23	—	—	—	—	—	SDI/SDA	—	—	—
RC5	24	—	—	—	—	—	SDO	—	—	—
RC6	25	—	—	—	—	TX/CK	—	—	—	—
RC7	26	—	—	—	—	RX/DT	—	—	—	—
RD0	19	—	—	—	—	—	—	—	—	—
RD1	20	—	—	—	—	—	—	—	—	—
RD2	21	—	—	—	—	—	—	—	—	—
RD3	22	—	—	—	—	—	—	—	—	—
RD4	27	—	—	—	—	—	—	—	—	—
RD5	28	—	—	—	P1B	—	—	—	—	—
RD6	29	—	—	—	P1C	—	—	—	—	—
RD7	30	—	—	—	P1D	—	—	—	—	—
RE0	8	AN5	—	—	—	—	—	—	—	—
RE1	9	AN6	—	—	—	—	—	—	—	—
RE2	10	AN7	—	—	—	—	—	—	—	—
RE3	1	—	—	—	—	—	—	—	Y ⁽¹⁾	MCLR/VPP
—	11	—	—	—	—	—	—	—	—	VDD
—	32	—	—	—	—	—	—	—	—	VDD
—	12	—	—	—	—	—	—	—	—	VSS
—	31	—	—	—	—	—	—	—	—	VSS

Note 1: Pull-up activated only with external MCLR configuration.



PIC16F882/883/884/886/887

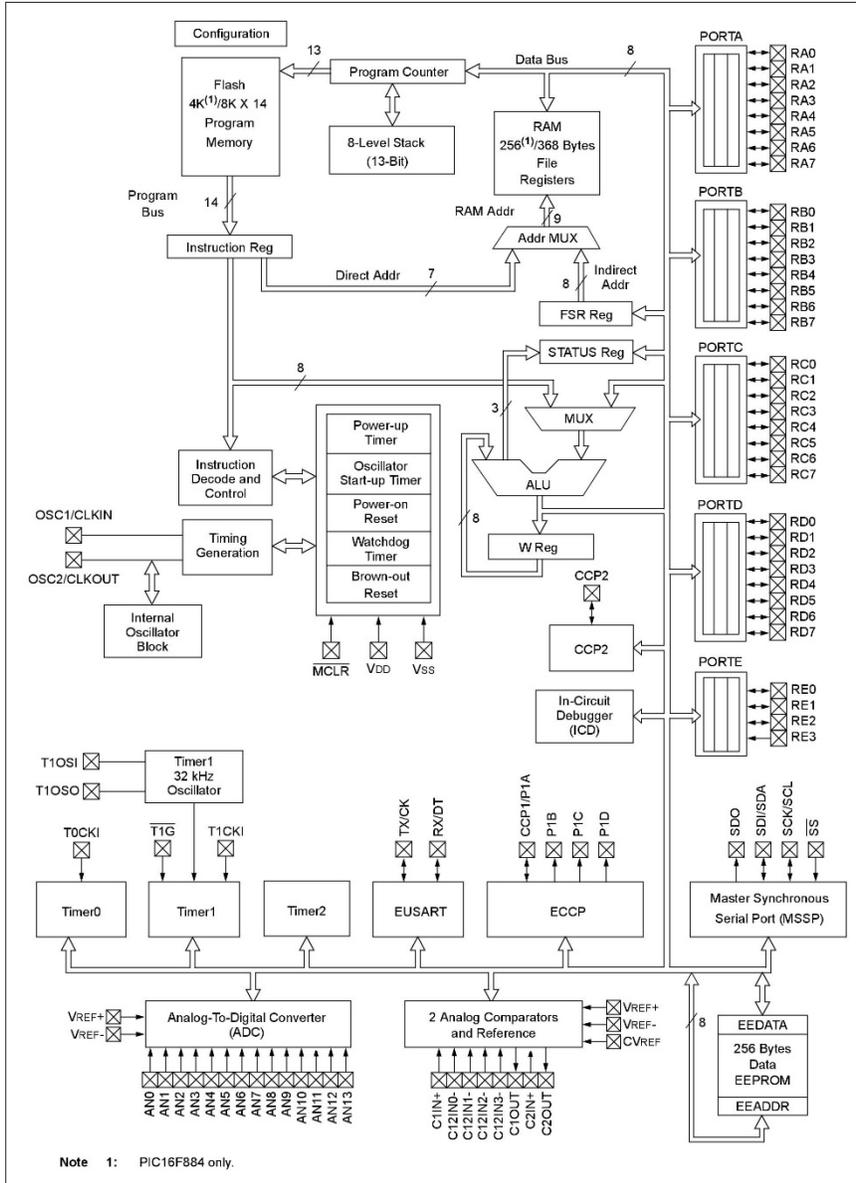
1.0 DEVICE OVERVIEW

The PIC16F882/883/884/886/887 is covered by this data sheet. The PIC16F882/883/886 is available in 28-pin PDIP, SOIC, SSOP and QFN packages. The PIC16F884/887 is available in a 40-pin PDIP and 44-pin QFN and TQFP packages. Figure 1-1 shows the block diagram of PIC16F882/883/886 and Figure 1-2 shows a block diagram of the PIC16F884/887 device. Table 1-1 and Table 1-2 show the corresponding pinout descriptions.



PIC16F882/883/884/886/887

FIGURE 1-2: PIC16F884/PIC16F887 BLOCK DIAGRAM





PIC16F882/883/884/886/887

TABLE 1-2: PIC16F884/887 PINOUT DESCRIPTION

Name	Function	Input Type	Output Type	Description
RA0/AN0/ULPWU/C12IN0-	RA0	TTL	CMOS	General purpose I/O.
	AN0	AN	—	A/D Channel 0 input.
	ULPWU	AN	—	Ultra Low-Power Wake-up input.
	C12IN0-	AN	—	Comparator C1 or C2 negative input.
RA1/AN1/C12IN1-	RA1	TTL	CMOS	General purpose I/O.
	AN1	AN	—	A/D Channel 1 input.
	C12IN1-	AN	—	Comparator C1 or C2 negative input.
RA2/AN2/VREF-/CVREF/C2IN+	RA2	TTL	CMOS	General purpose I/O.
	AN2	AN	—	A/D Channel 2.
	VREF-	AN	—	A/D Negative Voltage Reference input.
	CVREF	—	AN	Comparator Voltage Reference output.
	C2IN+	AN	—	Comparator C2 positive input.
RA3/AN3/VREF+/C1IN+	RA3	TTL	CMOS	General purpose I/O.
	AN3	AN	—	A/D Channel 3.
	VREF+	AN	—	A/D Positive Voltage Reference input.
	C1IN+	AN	—	Comparator C1 positive input.
RA4/T0CKI/C1OUT	RA4	TTL	CMOS	General purpose I/O.
	T0CKI	ST	—	Timer0 clock input.
	C1OUT	—	CMOS	Comparator C1 output.
RA5/AN4/SS/C2OUT	RA5	TTL	CMOS	General purpose I/O.
	AN4	AN	—	A/D Channel 4.
	SS	ST	—	Slave Select input.
	C2OUT	—	CMOS	Comparator C2 output.
RA6/OSC2/CLKOUT	RA6	TTL	CMOS	General purpose I/O.
	OSC2	—	XTAL	Crystal/Resonator.
	CLKOUT	—	CMOS	FOSC/4 output.
RA7/OSC1/CLKIN	RA7	TTL	CMOS	General purpose I/O.
	OSC1	XTAL	—	Crystal/Resonator.
	CLKIN	ST	—	External clock input/RC oscillator connection.
RB0/AN12/INT	RB0	TTL	CMOS	General purpose I/O. Individually controlled interrupt-on-change. Individually enabled pull-up.
	AN12	AN	—	A/D Channel 12.
	INT	ST	—	External interrupt.
RB1/AN10/C12IN3-	RB1	TTL	CMOS	General purpose I/O. Individually controlled interrupt-on-change. Individually enabled pull-up.
	AN10	AN	—	A/D Channel 10.
	C12IN3-	AN	—	Comparator C1 or C2 negative input.
RB2/AN8	RB2	TTL	CMOS	General purpose I/O. Individually controlled interrupt-on-change. Individually enabled pull-up.
	AN8	AN	—	A/D Channel 8.
RB3/AN9/PGM/C12IN2-	RB3	TTL	CMOS	General purpose I/O. Individually controlled interrupt-on-change. Individually enabled pull-up.
	AN9	AN	—	A/D Channel 9.
	PGM	ST	—	Low-voltage ICSP™ Programming enable pin.
	C12IN2-	AN	—	Comparator C1 or C2 negative input.

Legend: AN = Analog input or output CMOS = CMOS compatible input or output OD = Open Drain
TTL = TTL compatible input ST = Schmitt Trigger input with CMOS levels
HV = High Voltage XTAL = Crystal



PIC16F882/883/884/886/887

TABLE 1-2: PIC16F884/887 PINOUT DESCRIPTION (CONTINUED)

Name	Function	Input Type	Output Type	Description
RB4/AN11	RB4	TTL	CMOS	General purpose I/O. Individually controlled interrupt-on-change. Individually enabled pull-up.
	AN11	AN	—	A/D Channel 11.
RB5/AN13/T1G	RB5	TTL	CMOS	General purpose I/O. Individually controlled interrupt-on-change. Individually enabled pull-up.
	AN13	AN	—	A/D Channel 13.
	T1G	ST	—	Timer1 Gate input.
RB6/ICSPCLK	RB6	TTL	CMOS	General purpose I/O. Individually controlled interrupt-on-change. Individually enabled pull-up.
	ICSPCLK	ST	—	Serial Programming Clock.
RB7/ICSPDAT	RB7	TTL	CMOS	General purpose I/O. Individually controlled interrupt-on-change. Individually enabled pull-up.
	ICSPDAT	ST	TTL	ICSP™ Data I/O.
RC0/T1OSO/T1CKI	RC0	ST	CMOS	General purpose I/O.
	T1OSO	—	XTAL	Timer1 oscillator output.
	T1CKI	ST	—	Timer1 clock input.
RC1/T1OSI/CCP2	RC1	ST	CMOS	General purpose I/O.
	T1OSI	XTAL	—	Timer1 oscillator input.
	CCP2	ST	CMOS	Capture/Compare/PWM2.
RC2/P1A/CCP1	RC2	ST	CMOS	General purpose I/O.
	P1A	ST	CMOS	PWM output.
	CCP1	—	CMOS	Capture/Compare/PWM1.
RC3/SCK/SCL	RC3	ST	CMOS	General purpose I/O.
	SCK	ST	CMOS	SPI clock.
	SCL	ST	OD	I ² C™ clock.
RC4/SDI/SDA	RC4	ST	CMOS	General purpose I/O.
	SDI	ST	—	SPI data input.
	SDA	ST	OD	I ² C data input/output.
RC5/SDO	RC5	ST	CMOS	General purpose I/O.
	SDO	—	CMOS	SPI data output.
RC6/TX/CK	RC6	ST	CMOS	General purpose I/O.
	TX	—	CMOS	EUSART asynchronous transmit.
	CK	ST	CMOS	EUSART synchronous clock.
RC7/RX/DT	RC7	ST	CMOS	General purpose I/O.
	RX	ST	—	EUSART asynchronous input.
	DT	ST	CMOS	EUSART synchronous data.
RD0	RD0	TTL	CMOS	General purpose I/O.
RD1	RD1	TTL	CMOS	General purpose I/O.
RD2	RD2	TTL	CMOS	General purpose I/O.
RD3	RD3	TTL	CMOS	General purpose I/O.
RD4	RD4	TTL	CMOS	General purpose I/O.
RD5/P1B	RD5	TTL	CMOS	General purpose I/O.
	P1B	—	CMOS	PWM output.
RD6/P1C	RD6	TTL	CMOS	General purpose I/O.
	P1C	—	CMOS	PWM output.

Legend: AN = Analog input or output CMOS = CMOS compatible input or output OD = Open Drain
TTL = TTL compatible input ST = Schmitt Trigger input with CMOS levels
HV = High Voltage XTAL = Crystal



PIC16F882/883/884/886/887

TABLE 1-2: PIC16F884/887 PINOUT DESCRIPTION (CONTINUED)

Name	Function	Input Type	Output Type	Description
RD7/P1D	RD7	TTL	CMOS	General purpose I/O.
	P1D	AN	—	PWM output.
RE0/AN5	RE0	TTL	CMOS	General purpose I/O.
	AN5	AN	—	A/D Channel 5.
RE1/AN6	RE1	TTL	CMOS	General purpose I/O.
	AN6	AN	—	A/D Channel 6.
RE2/AN7	RE2	TTL	CMOS	General purpose I/O.
	AN7	AN	—	A/D Channel 7.
RE3/MCLR/VPP	RE3	TTL	—	General purpose input.
	MCLR	ST	—	Master Clear with internal pull-up.
	VPP	HV	—	Programming voltage.
VSS	VSS	Power	—	Ground reference.
VDD	VDD	Power	—	Positive supply.

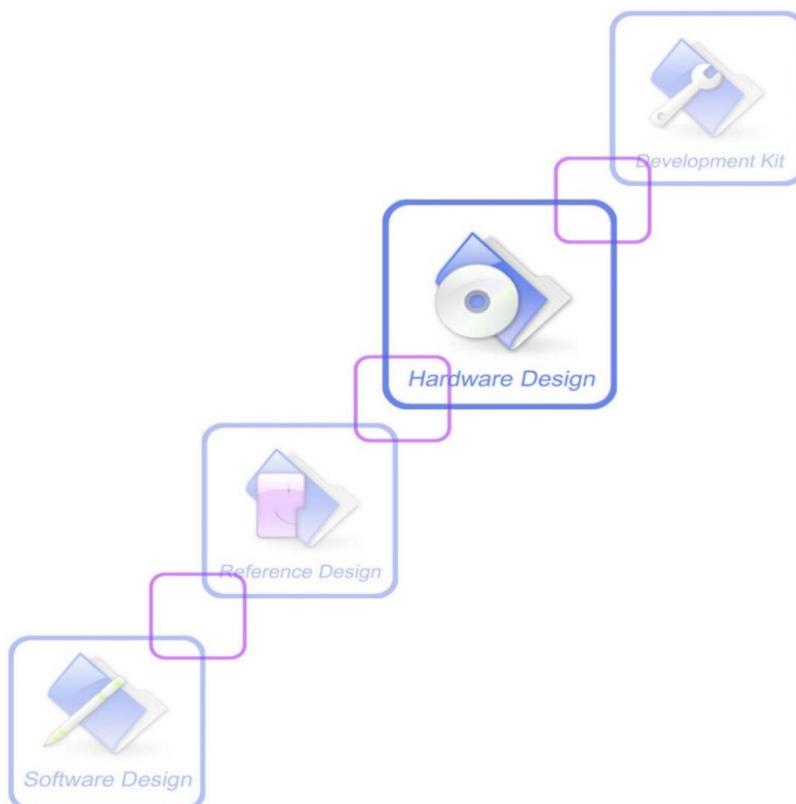
Legend: AN = Analog input or output CMOS = CMOS compatible input or output OD = Open Drain
TTL = TTL compatible input ST = Schmitt Trigger input with CMOS levels
HV = High Voltage XTAL = Crystal



Anexo Charlie: Hoja de datos módulo SIM900



SIM900_Hardware Design_V2.00





1 Introduction

This document describes SIM900 hardware interface in great detail.

This document can help user to quickly understand SIM900 interface specifications, electrical and mechanical details. With the help of this document and other SIM900 application notes, user guide, users can use SIM900 to design various applications quickly.

2 SIM900 Overview

Designed for global market, SIM900 is a quad-band GSM/GPRS module that works on frequencies GSM 850MHz, EGSM 900MHz, DCS 1800MHz and PCS 1900MHz. SIM900 features GPRS multi-slot class 10/ class 8 (optional) and supports the GPRS coding schemes CS-1, CS-2, CS-3 and CS-4.

With a tiny configuration of 24*24*3mm, SIM900 can meet almost all the space requirements in user applications, such as M2M, smart phone, PDA and other mobile devices.

SIM900 has 68 SMT pads, and provides all hardware interfaces between the module and customers' boards.

- Serial port and debug port can help user easily develop user's applications.
- Audio channel which includes a microphone input and a receiver output.
- Programmable general purpose input and output.
- The keypad and SPI display interfaces will give users the flexibility to develop customized applications.

SIM900 is designed with power saving technique so that the current consumption is as low as 1.0mA in sleep mode.

SIM900 integrates TCP/IP protocol and extended TCP/IP AT commands which are very useful for data transfer applications. For details about TCP/IP applications, please refer to *document [2]*.

2.1 SIM900 Key Features

Table 1: SIM900 key features

Feature	Implementation
Power supply	3.2V ~ 4.8V
Power saving	Typical power consumption in sleep mode is 1.0mA (BS-PA-MFRMS=9)
Frequency bands	<ul style="list-style-type: none"> ● SIM900 Quad-band: GSM 850, EGSM 900, DCS 1800, PCS 1900. SIM900 can search the 4 frequency bands automatically. The frequency bands also can be set by AT command "AT+CBAND". For details, please refer to <i>document [1]</i>. ● Compliant to GSM Phase 2/2+
Transmitting power	<ul style="list-style-type: none"> ● Class 4 (2W) at GSM 850 and EGSM 900 ● Class 1 (1W) at DCS 1800 and PCS 1900
GPRS connectivity	<ul style="list-style-type: none"> ● GPRS multi-slot class 10 (default)



Smart Machine Smart Decision

	<ul style="list-style-type: none"> ● GPRS multi-slot class 8 (option)
Temperature range	<ul style="list-style-type: none"> ● Normal operation: -30°C ~ +80°C ● Restricted operation: -40°C ~ -30°C and +80 °C ~ +85°C* ● Storage temperature -45°C ~ +90°C
Data GPRS	<ul style="list-style-type: none"> ● GPRS data downlink transfer: max. 85.6 kbps ● GPRS data uplink transfer: max. 42.8 kbps ● Coding scheme: CS-1, CS-2, CS-3 and CS-4 ● Integrate the TCP/IP protocol. ● Support Packet Broadcast Control Channel (PBCCH)
CSD	<ul style="list-style-type: none"> ● Support CSD transmission
USSD	<ul style="list-style-type: none"> ● Unstructured Supplementary Services Data (USSD) support
SMS	<ul style="list-style-type: none"> ● MT, MO, CB, Text and PDU mode ● SMS storage: SIM card
FAX	Group 3 Class 1
SIM interface	Support SIM card: 1.8V, 3V
External antenna	Antenna pad
Audio features	<p>Speech codec modes:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Half Rate (ETS 06.20) ● Full Rate (ETS 06.10) ● Enhanced Full Rate (ETS 06.50 / 06.60 / 06.80) ● Adaptive multi rate (AMR) ● Echo Cancellation ● Noise Suppression
Serial port and debug port	<p>Serial port:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Full modem interface with status and control lines, unbalanced, asynchronous. ● 1200bps to 115200bps. ● Can be used for AT commands or data stream. ● Support RTS/CTS hardware handshake and software ON/OFF flow control. ● Multiplex ability according to GSM 07.10 Multiplexer Protocol. ● Autobauding supports baud rate from 1200 bps to 57600bps. <p>Debug port:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Null modem interface DBG_TXD and DBG_RXD. ● Can be used for debugging and upgrading firmware.
Phonebook management	Support phonebook types: SM, FD, LD, RC, ON, MC.
SIM application toolkit	GSM 11.14 Release 99
Real time clock	Support RTC
Physical characteristics	<p>Size: 24*24*3mm</p> <p>Weight: 3.4g</p>
Firmware upgrade	Firmware upgradeable by debug port.

*SIM900 does work at this temperature, but some radio frequency characteristics may deviate from the GSM specification.



Table 2: Coding schemes and maximum net data rates over air interface

Coding scheme	1 timeslot	2 timeslot	4 timeslot
CS-1	9.05kbps	18.1kbps	36.2kbps
CS-2	13.4kbps	26.8kbps	53.6kbps
CS-3	15.6kbps	31.2kbps	62.4kbps
CS-4	21.4kbps	42.8kbps	85.6kbps

2.2 Operating Modes

The table below summarizes the various operating modes of SIM900.

Table 3: Overview of operating modes

Mode	Function
Normal operation	GSM/GPRS SLEEP Module will automatically go into sleep mode if the conditions of sleep mode are enabling and there is no on air and no hardware interrupt (such as GPIO interrupt or data on serial port). In this case, the current consumption of module will reduce to the minimal level. In sleep mode, the module can still receive paging message and SMS.
	GSM IDLE Software is active. Module registered to the GSM network, and the module is ready to communicate.
	GSM TALK Connection between two subscribers is in progress. In this case, the power consumption depends on network settings such as DTX off/on, FR/EFR/HR, hopping sequences, antenna.
	GPRS STANDBY Module is ready for GPRS data transfer, but no data is currently sent or received. In this case, power consumption depends on network settings and GPRS configuration.
	GPRS DATA There is GPRS data transfer (PPP or TCP or UDP) in progress. In this case, power consumption is related with network settings (e.g. power control level); uplink/downlink data rates and GPRS configuration (e.g. used multi-slot settings).
Power down	Normal power down by sending the AT command "AT+CPOWD=1" or using the PWRKEY. The power management unit shuts down the power supply for the baseband part of the module, and only the power supply for the RTC is remained. Software is not active. The serial port is not accessible. Power supply (connected to VBAT) remains applied.
Minimum functionality mode	AT command "AT+CFUN" can be used to set the module to a minimum functionality mode without removing the power supply. In this mode, the RF part of the module will not work or the SIM card will not be accessible, or both RF part and SIM card will be closed, and the serial port is still accessible. The power consumption in this mode is lower than normal mode.



2.3 SIM900 Functional Diagram

The following figure shows a functional diagram of SIM900:

- The GSM baseband engine
- Flash
- The GSM radio frequency part
- The antenna interface
- The other interfaces

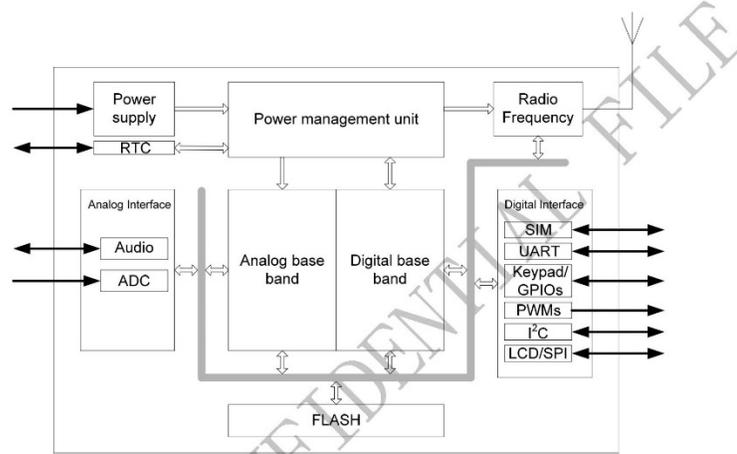


Figure 1: SIM900 functional diagram



Anexo Delta: Hoja de datos módulo ESP8266



ESP8266EX

Datasheet



Version 6.0
Espressif Systems
Copyright © 2018





1.

Overview

Espressif's ESP8266EX delivers highly integrated Wi-Fi SoC solution to meet users' continuous demands for efficient power usage, compact design and reliable performance in the Internet of Things industry.

With the complete and self-contained Wi-Fi networking capabilities, ESP8266EX can perform either as a standalone application or as the slave to a host MCU. When ESP8266EX hosts the application, it promptly boots up from the flash. The integrated high-speed cache helps to increase the system performance and optimize the system memory. Also, ESP8266EX can be applied to any microcontroller design as a Wi-Fi adaptor through SPI/SDIO or UART interfaces.

ESP8266EX integrates antenna switches, RF balun, power amplifier, low noise receive amplifier, filters and power management modules. The compact design minimizes the PCB size and requires minimal external circuitries.

Besides the Wi-Fi functionalities, ESP8266EX also integrates an enhanced version of Tensilica's L106 Diamond series 32-bit processor and on-chip SRAM. It can be interfaced with external sensors and other devices through the GPIOs. Software Development Kit (SDK) provides sample codes for various applications.

Espressif Systems' Smart Connectivity Platform (ESCP) enables sophisticated features including:

- Fast switch between sleep and wakeup mode for energy-efficient purpose;
- Adaptive radio biasing for low-power operation
- Advance signal processing
- Spur cancellation and RF co-existence mechanisms for common cellular, Bluetooth, DDR, LVDS, LCD interference mitigation

1.1. Wi-Fi Key Features

- 802.11 b/g/n support
- 802.11n support (2.4 GHz), up to 72.2 Mbps
- Defragmentation
- 2 x virtual Wi-Fi interface
- Automatic beacon monitoring (hardware TSF)
- Support Infrastructure BSS Station mode/SoftAP mode/Promiscuous mode
- Antenna diversity



1.2. Specifications

Table 1-1. Specifications

Categories	Items	Parameters	
Wi-Fi	Certification	Wi-Fi Alliance	
	Protocols	802.11 b/g/n (HT20)	
	Frequency Range	2.4G ~ 2.5G (2400M ~ 2483.5M)	
	TX Power		802.11 b: +20 dBm
			802.11 g: +17 dBm
			802.11 n: +14 dBm
	Rx Sensitivity		802.11 b: -91 dbm (11 Mbps)
		802.11 g: -75 dbm (54 Mbps)	
		802.11 n: -72 dbm (MCS7)	
Antenna		PCB Trace, External, IPEX Connector, Ceramic Chip	
Hardware	CPU	Tensilica L106 32-bit processor	
	Peripheral Interface		UART/SDIO/SPI/I2C/I2S/IR Remote Control
			GPIO/ADC/PWM/LED Light & Button
	Operating Voltage	2.5V ~ 3.6V	
	Operating Current	Average value: 80 mA	
	Operating Temperature Range	-40°C ~ 125°C	
	Package Size	QFN32-pin (5 mm x 5 mm)	
External Interface	-		
Software	Wi-Fi Mode	Station/SoftAP/SoftAP+Station	
	Security	WPA/WPA2	
	Encryption	WEP/TKIP/AES	
	Firmware Upgrade	UART Download / OTA (via network)	
	Software Development	Supports Cloud Server Development / Firmware and SDK for fast on-chip programming	
	Network Protocols	IPv4, TCP/UDP/HTTP	
	User Configuration	AT Instruction Set, Cloud Server, Android/iOS App	

Note:

The TX power can be configured based on the actual user scenarios.



1.3. Applications

- Home appliances
- Home automation
- Smart plugs and lights
- Industrial wireless control
- Baby monitors
- IP cameras
- Sensor networks
- Wearable electronics
- Wi-Fi location-aware devices
- Security ID tags
- Wi-Fi position system beacons



2. Pin Definitions

Figure 2-1 shows the pin layout for 32-pin QFN package.

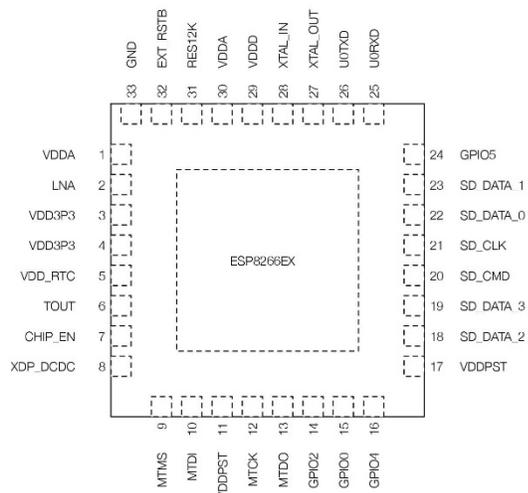


Figure 2-1. Pin Layout (Top View)

Table 2-1 lists the definitions and functions of each pin.

Table 2-1. ESP8266EX Pin Definitions

Pin	Name	Type	Function
1	VDDA	P	Analog Power 2.5V ~ 3.6V
2	LNA	I/O	RF antenna interface Chip output impedance=39+j6 Ω. It is suggested to retain the π-type matching network to match the antenna.
3	VDD3P3	P	Amplifier Power 2.5V ~ 3.6V
4	VDD3P3	P	Amplifier Power 2.5V ~ 3.6V
5	VDD_RTC	P	NC (1.1V)
6	TOUT	I	ADC pin. It can be used to test the power-supply voltage of VDD3P3 (Pin3 and Pin4) and the input power voltage of TOUT (Pin 6). However, these two functions cannot be used simultaneously.



2. Pin Definitions

Pin	Name	Type	Function
7	CHIP_EN	I	Chip Enable High: On, chip works properly Low: Off, small current consumed
8	XPD_DCDC	I/O	Deep-sleep wakeup (need to be connected to EXT_RSTB); GPIO16
9	MTMS	I/O	GPIO 14; HSPI_CLK
10	MTDI	I/O	GPIO 12; HSPI_MISO
11	VDDPST	P	Digital/IO Power Supply (1.8V ~ 3.6V)
12	MTCK	I/O	GPIO 13; HSPI_MOSI; UART0_CTS
13	MTDO	I/O	GPIO 15; HSPI_CS; UART0_RTS
14	GPIO2	I/O	UART TX during flash programming; GPIO2
15	GPIO0	I/O	GPIO0; SPI_CS2
16	GPIO4	I/O	GPIO4
17	VDDPST	P	Digital/IO Power Supply (1.8V ~ 3.6V)
18	SDIO_DATA_2	I/O	Connect to SD_D2 (Series R: 200Ω); SPIHD; HSPiHD; GPIO9
19	SDIO_DATA_3	I/O	Connect to SD_D3 (Series R: 200Ω); SPIWP; HSPiWP; GPIO10
20	SDIO_CMD	I/O	Connect to SD_CMD (Series R: 200Ω); SPI_CS0; GPIO11
21	SDIO_CLK	I/O	Connect to SD_CLK (Series R: 200Ω); SPI_CLK; GPIO6
22	SDIO_DATA_0	I/O	Connect to SD_D0 (Series R: 200Ω); SPI_MISO; GPIO7
23	SDIO_DATA_1	I/O	Connect to SD_D1 (Series R: 200Ω); SPI_MOSI; GPIO8
24	GPIO5	I/O	GPIO5
25	UORXD	I/O	UART Rx during flash programming; GPIO3
26	UOTXD	I/O	UART TX during flash programming; GPIO1; SPI_CS1
27	XTAL_OUT	I/O	Connect to crystal oscillator output, can be used to provide BT clock input
28	XTAL_IN	I/O	Connect to crystal oscillator input
29	VDDD	P	Analog Power 2.5V ~ 3.6V
30	VDDA	P	Analog Power 2.5V ~ 3.6V
31	RES12K	I	Serial connection with a 12 kΩ resistor and connect to the ground
32	EXT_RSTB	I	External reset signal (Low voltage level: active)

Note:

1. GPIO2, GPIO0, and MTDO are used to select booting mode and the SDIO mode;
2. UOTXD should not be pulled externally to a low logic level during the powering-up.



5. Electrical Specifications

5.1. Electrical Characteristics

Table 5-1. Electrical Characteristics

Parameters	Conditions	Min	Typical	Max	Unit
Operating Temperature Range	-	-40	Normal	125	°C
Maximum Soldering Temperature	IPC/JEDEC J-STD-020	-	-	260	°C
Working Voltage Value	-	2.5	3.3	3.6	V
I/O	V_{IL}	-	-0.3	-	$0.25V_{IO}$
	V_{IH}	-	$0.75V_{IO}$	-	3.6
	V_{OL}	-	-	-	$0.1V_{IO}$
	V_{OH}	-	$0.8V_{IO}$	-	-
	I_{MAX}	-	-	-	12
Electrostatic Discharge (HBM)	TAMB=25°C	-	-	2	KV
Electrostatic Discharge (CDM)	TAMB=25°C	-	-	0.5	KV

5.2. RF Power Consumption

Unless otherwise specified, the power consumption measurements are taken with a 3.0V supply at 25°C of ambient temperature. All transmitters' measurements are based on a 50% duty cycle.

Table 5-2. Power Consumption

Parameters	Min	Typical	Max	Unit
TX 802.11b, CCK 11Mbps, $P_{OUT}=+17$ dBm	-	170	-	mA
TX 802.11g, OFDM 54Mbps, $P_{OUT}=+15$ dBm	-	140	-	mA
TX 802.11n, MCS7, $P_{OUT}=+13$ dBm	-	120	-	mA
Rx 802.11b, 1024 bytes packet length, -80 dBm	-	50	-	mA
Rx 802.11g, 1024 bytes packet length, -70 dBm	-	56	-	mA
Rx 802.11n, 1024 bytes packet length, -65 dBm	-	56	-	mA



5.3. Wi-Fi Radio Characteristics

The following data are from tests conducted at room temperature, with a 3.3V power supply.

Table 5-3. Wi-Fi Radio Characteristics

Parameters	Min	Typical	Max	Unit
Input frequency	2412	-	2484	MHz
Output impedance	-	39+j6	-	Ω
Output power of PA for 72.2 Mbps	15.5	16.5	17.5	dBm
Output power of PA for 11b mode	19.5	20.5	21.5	dBm
Sensitivity				
DSSS, 1 Mbps	-	-98	-	dBm
CCK, 11 Mbps	-	-91	-	dBm
6 Mbps (1/2 BPSK)	-	-93	-	dBm
54 Mbps (3/4 64-QAM)	-	-75	-	dBm
HT20, MCS7 (65 Mbps, 72.2 Mbps)	-	-72	-	dBm
Adjacent Channel Rejection				
OFDM, 6 Mbps	-	37	-	dB
OFDM, 54 Mbps	-	21	-	dB
HT20, MCS0	-	37	-	dB
HT20, MCS7	-	20	-	dB



Anexo Echo: Hoja de datos ULN2803A



ULN2803A

SLRS049H – FEBRUARY 1997 – REVISED FEBRUARY 2017

ULN2803A Darlington Transistor Arrays

1 Features

- 500-mA-Rated Collector Current (Single Output)
- High-Voltage Outputs: 50 V
- Output Clamp Diodes
- Inputs Compatible With Various Types of Logic

2 Applications

- Relay Drivers
- Hammer Drivers
- Lamp Drivers
- Display Drivers (LED and Gas Discharge)
- Line Drivers
- Logic Buffers
- Stepper Motors
- IP Camera
- HVAC Valve and LED Dot Matrix

3 Description

The ULN2803A device is a 50 V, 500 mA Darlington transistor array. The device consists of eight NPN Darlington pairs that feature high-voltage outputs with common-cathode clamp diodes for switching inductive loads. The collector-current rating of each Darlington pair is 500 mA. The Darlington pairs may be connected in parallel for higher current capability.

Applications include relay drivers, hammer drivers, lamp drivers, display drivers (LED and gas discharge), line drivers, and logic buffers. The ULN2803A device has a 2.7-kΩ series base resistor for each Darlington pair for operation directly with TTL or 5-V CMOS devices.

Device Information⁽¹⁾

PART NUMBER	PACKAGE	BODY SIZE (NOM)
ULN2803ADW	SOIC (18)	11.55 mm × 7.50 mm

(1) For all available packages, see the orderable addendum at the end of the data sheet.

Logic Diagram

