



**UNIVERSIDAD NACIONAL**

**“PEDRO RUIZ GALLO”**

**FACULTAD DE CIENCIAS FISICAS**

**Y MATEMÁTICAS**



**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA ELECTRONICA**

Diseño De Un Equipo Inalámbrico Para El Ahuyentamiento De Aves  
Aplicado En Los Campos De Arroz De La Empresa  
AGROINVERSIONES VALLESOL S.A.C En El Caserío De Carniche  
Bajo En El Distrito De Llama - Cajamarca

**TESIS**

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO ELECTRONICO**

**AUTOR:**

Bach. CHAUCA GONZALEZ, CARLO ROBERTO

**ASESOR**

Ing. CARLOS OBLITAS VERA

**LAMBAYEQUE – PERÚ**

**2018**

Tesis Para Optar el Título Profesional de

INGENIERO ELECTRONICO

**“DISEÑO DE UN EQUIPO INALAMBRICO PARA EL  
AHUYENTAMIENTO DE AVES APLICADO EN LOS CAMPOS DE  
ARROZ DE LA EMPRESA AGROINVERSIONES VALLESOL  
S.A.C EN EL CASERÍO DE CARNICHE BAJO EN EL DISTRITO  
DE LLAMA - CAJAMARCA”**



---

Ing. Carlos Oblitas Vera  
Asesor



---

Bach. Chauca Gonzalez Carlo Roberto  
Tesista

Lambayeque – Perú

2018

Tesis Para Optar el Título Profesional de

INGENIERO ELECTRONICO

**“DISEÑO DE UN EQUIPO INALAMBRICO PARA EL  
AHUYENTAMIENTO DE AVES APLICADO EN LOS CAMPOS DE  
ARROZ DE LA EMPRESA AGROINVERSIONES VALLESOL S.A.C  
EN EL CASERÍO DE CARNICHE BAJO EN EL DISTRITO DE  
LLAMA - CAJAMARCA”**

**JURADO EVALUADOR**



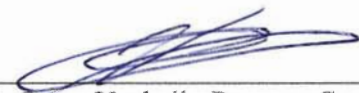
---

Ing. Hugo Chiclayo Padilla  
Presidente



---

Ing. Francisco Segura Altamirano  
Secretario



---

Ms. Oscar Ucchelly Romero Cortez  
Vocal

Lambayeque – Perú

2018

## AGRADECIMIENTOS

*Primeramente, agradecer a Dios por mantenerme  
Firme en el camino de lograr el presente objetivo  
Y permitirme realizarlo con voluntad y decisión.*

*A mis padres, por el amor, entrega y  
paciencia entregados a lo largo de mi formación y educación,  
a ellos todo mi amor y respeto siempre, esté donde esté los llevaré  
siempre en mi corazón.*

*A mi asesor, Ing. Carlos Oblitas Vera que siempre  
estuvo dispuesto a brindar el apoyo y orientación  
que se necesitó.*

## **DEDICATORIA**

Quiero dedicar el presente trabajo de investigación primeramente a Dios, que todo sea para su Honor y Gloria, a mis padres que, por su apoyo diario, sus consejos y su ejemplo, me permitieron realizar la presente tesis; también a mis hermanos y abuelos, quienes con su amor y ejemplo forjaron en mí a una mejor persona; a todos ellos los tendré siempre en mi corazón y estarán conmigo esté donde esté.

## **RESUMEN**

La realización de la presente tesis tuvo como objetivo principal dar solución a la problemática de la presencia de aves en los campos de cultivo de arroz. Se estudiaron las características de los daños que ocasionaban las aves en la cosecha y siembra; y, cómo podría contribuir la Radio Frecuencia en el diseño del equipo inalámbrico aplicado.

Para lograr diseñar el equipo de ahuyentamiento de aves, y en vista que este se aplicaría en campo abierto, se hizo uso de tecnología inalámbrica basado en Radio Frecuencia, así comunicar las diferentes partes que conforman el equipo sin utilizar cables. Para ello se utilizaron los dispositivos transceiver NRF24L01, capaces de llegar a distancias de 1 km, en conjunto con sus antenas sma,, de igual manera cada parte del equipo contiene un arduino nano, donde se reciben las señales y realizan las tareas programadas para cada parte. Este equipo tiene un Control Remoto, Sensor PIR, Temporizador, Unidad Central y un Actuador.

El funcionamiento consiste en enviar una señal de activación al actuador (que está conformado principalmente por un transceiver NRF24L01, arduino nano, y una pequeña etapa de potencia con Relays y una corneta de aire), través de los tres tipos de señales, control remoto, Sensor PIR y temporizador, no sin antes pasar por la unidad central. El uso de este equipo y elementos en los campos de arroz, fueron exitosos, la comunicación inalámbrica funcionó correctamente, y la corneta de aire fue efectivo a la hora de emitir el sonido, logrando así ahuyentar a las aves de los campos de arroz.

## **ABSTRACT**

The main objective of this thesis was to solve the problem of the presence of birds in rice fields. The characteristics of the damage caused by the birds in the harvest and sowing were studied; and, how Radio Frequency could contribute in the design of the applied wireless equipment. In order to design the bird repelling equipment, and considering that it would be applied in the open field, wireless technology based on Radio Frequency was used, thus communicating the different parts that make up the equipment without using cables. To achieve this, transceiver devices NRF24L01 were used, able to reach distances of 1 km, in conjunction with their antennas, in the same way each part of the equipment contains an arduino nano, where the signals are received and performed the tasks programmed for each part. This equipment has a Remote Control, PIR Sensor, Timer, Central Unit and an Actuator. The operation consists of sending an activation signal to the actuator (which is mainly made up of a transceiver NRF24L01, arduino nano, and a small power stage with Relays and an air horn), through the three types of signals, remote control, PIR sensor and timer, but not before passing through the central unit. The use of this equipment and elements in the rice fields, were successful, the wireless communication worked correctly, and the air horn was effective at the time of emitting the sound, thus managing to drive away the birds from the rice fields.

## INDICE

AGRADECIMIENTOS .....	4
DEDICATORIA .....	5
RESUMEN .....	6
ABSTRACT .....	7
INDICE .....	8
ANTECEDENTES .....	13
CAPITULO I: .....	1
SITUACION ACTUAL DEL AHUYENTAMIENTO DE AVES EN LOS CAMPOS DE CULTIVO DE ARROZ .....	1
1.1.    INTRODUCCIÓN .....	1
1.1.1.    Problemas en el Sector Agrícola en el Perú .....	1
1.1.2.    Conservación del Medio Ambiente, Erosión y Salinización.....	2
1.1.3.    Minifundio.....	2
1.1.4.    Precios y Mercados.....	2
1.1.5.    Asistencia Técnica .....	3
1.1.6.    Crédito Agrario.....	3
1.1.7.    Organizaciones .....	3
1.1.8.    Seguridad Alimentaria .....	3
1.1.9.    Empleo .....	4
1.1.10.    Sanidad .....	4
1.2.    El Arroz.....	4
1.2.1.    Proceso de Cultivo del Arroz .....	5
1.2.2.    Proceso Actual del Cultivo del Arroz.....	5
1.3.    Métodos de Ahuyentamiento de Aves .....	6
CAPITULO 2: .....	8
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA CIENTIFICO .....	8



2.1.	Formulación del Problema Científico .....	9
2.2.	Objetivos .....	9
2.2.1.	Objetivo General.....	9
2.2.2.	Objetivos Específicos.....	9
2.3.	Justificación e Importancia.....	9
2.4.	Hipótesis.....	9
2.4.1.	Contrastación de Hipótesis.....	10
CAPITULO 3: .....		11
MARCO TEORICO.....		11
3.1.	Sistemas de Comunicación.....	11
3.1.1.	Transmisor.....	11
3.1.2.	Receptor .....	11
3.1.3.	Modulación y Demodulación .....	12
3.1.4.	Espectro Electromagnético.....	15
3.1.5.	Ancho de Banda y Capacidad de Información .....	15
3.1.6.	Modos de Transmisión.....	17
3.1.6.1.	Simplex (Sx).....	17
3.1.6.2.	Semi dúplex (Hdx, Half Dúplex).....	18
3.1.6.3.	Duplex Total (FDX, Full Duplex) .....	18
3.1.6.4.	Dúplex Total/General (F/FDX, de full/full dúplex) .....	19
3.1.7.	Comunicación Inalámbrica o Red Inalámbrica .....	19
3.1.7.1.	Clasificación por Cobertura .....	20
3.1.7.2.	Ventajas y Desventajas .....	21
3.1.8.	Antenas.....	21
3.1.8.1.	Definición.....	21
3.1.8.2.	Tipos De Antena Y Bandas De Frecuencia De Radio .....	22
3.2.	Sistemas de Control .....	24

3.2.1.	Sistemas de Control Automático .....	24
3.2.2.	Sistema de control en Malla Abierta y en Malla Cerrada .....	25
3.2.2.1.	Características de Malla Abierta .....	25
3.2.3.	Control de Lazo Abierto y Control de Lazo Cerrado .....	25
3.2.3.1.	Control de Lazo Abierto .....	25
3.2.3.2.	Control de Lazo Cerrado.....	26
3.2.4.	Control Retroalimentado (Feedback) y Prealimentado (feedforward) ...	27
3.2.4.1.	Control Retroalimentado (Feedback) .....	27
3.2.4.2.	Control Pre alimentado (Feedforward) .....	30
3.2.5.	Sistemas con Control Feedback - Feedforward.....	32
3.3.	Aves Presentes en los Campos de Arroz.....	32
3.3.1.	Garza Blanca ( <i>Ardea Alba</i> ) .....	32
3.3.2.	Arrocero Americano ( <i>Spiza americana</i> ) .....	34
3.3.3.	Palomas ( <i>Columba livia</i> ).....	34
3.4.	Características de la tierra de cultivo del arroz. ....	35
3.4.1.	Preparación de la tierra .....	35
3.4.2.	Plagas que afectan los campos .....	35
3.5.	Descripción de Elementos del Proyecto.....	37
3.5.1.	Control Remoto .....	37
3.5.2.	Sensor PIR de Movimiento .....	47
3.5.3.	Unidad Central.....	50
3.5.4.	Bloque Actuador.....	54
CAPITULO 4: .....		56
DISEÑO DEL PROYECTO.....		56
4.1.	DISEÑO Y ARMADO DEL HARDWARE.....	56
4.1.1.	Descripción.....	56
4.1.1.1.	Control Remoto .....	56

4.1.1.2.	Sensor PIR de movimiento.....	57
4.1.1.3.	Unidad Central .....	57
4.1.1.4.	Actuador.....	58
4.1.2.	Funcionamiento .....	58
4.1.2.1.	Control Remoto .....	58
4.1.2.2.	Sensor PIR de Movimiento .....	59
4.1.2.3.	Estación Central.....	60
4.1.2.4.	Actuador.....	61
<b>4.1.2.4.1.</b>	<b>Ecuaciones de Señal de Sonido .....</b>	<b>61</b>
4.1.3.	Diseño y Armado Del Equipo .....	63
<b>4.1.3.1.</b>	<b>Control Remoto .....</b>	<b>63</b>
<b>4.1.3.2.</b>	<b>Sensor PIR de Movimiento .....</b>	<b>66</b>
4.1.3.3.	Unidad Central .....	69
4.1.3.4.	Actuador.....	72
4.2.	SOFTWARE Y PROGRAMACIÓN UTILIZADOS.....	75
4.2.3.	Programación.....	76
4.2.3.1.	Control Remoto .....	76
<b>4.2.3.2.</b>	<b>Sensor PIR.....</b>	<b>77</b>
4.2.3.3.	Programación de la Unidad Central.....	78
4.2.3.4.	Programación del Actuador.....	79
4.3.	Normas Técnicas .....	80
4.4.	Lugar de Aplicación.....	81
4.5.	Aplicación del Proyecto .....	85
CONCLUSIONES .....		89
RECOMENDACIONES .....		90
INDICE DE FIGURAS.....		91
INDICE DE TABLAS .....		96

ANEXOS.....	97
BIBLIOGRAFÍA .....	116

## ANTECEDENTES

### ➤ RODRIGUEZ AYALA, Juan Francisco

**2009:** DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA ELECTRÓNICO DE AHUYENTAMIENTO DE AVES POR MEDIO DE RECURSOS SONOROS Y VISUALES PARA LA PROTECCIÓN DE CAMPOS DE CULTIVO, trabajo teórico práctico para optar el Título Profesional de Ingeniero Electrónico.

**Objetivo:** Construir Y Diseñar Un Sistema Electrónico De Ahuyentamiento De Aves Por Medio De Recursos Sonoros Y Visuales Para La Protección De Campos De Cultivo.

**Conclusiones:**

El módulo de control propuesto es un artefacto diseñado y programado para activar secuencias aleatorias de ahuyentamiento, basadas en un algoritmo insertado en la rutina de interrupción y en el programa principal. Esta característica evitará que las aves se acostumbren a los dispositivos conectados en sus líneas de control.

El módulo de control, además de ser modular tiene la capacidad física de conformar un sistema escalar, en el cual otro módulo puede activarlo. Esto es posible ya que hay bits libres en el puerto PD del microcontrolador, el cual recibe las señales de los pulsadores. Con una ligera modificación en la programación, es posible configurar el módulo como un elemento maestro o esclavo de un sistema escalar.

➤ **HIGA DIAZ, Jorge David**

**2009:** DISEÑO DE SISTEMAS DE AUDIO PARA ESPANTAPÁJAROS ELECTRÓNICO, trabajo teórico práctico para optar el Título Profesional de Ingeniero Electrónico.

**Objetivo:** Diseño electrónico de un reproductor de sonidos MP3 para un espantapájaros electrónico.

**Conclusiones:**

1. Para diseñar un reproductor mp3 existe gran variedad de dispositivos que puede ser utilizados, depende de la aplicación, en el caso de la presente tesis fue necesario seleccionar integrados para un reproductor mp3 simple.
2. Se pudieron utilizar muchos dispositivos de control, no solo microcontrolador sino también DSP ya que estos se utilizan para el procesamiento de sonidos, pero todo ello depende nuevamente de la aplicación.
3. Los criterios determinantes en la selección fueron el rango de temperatura, humedad, fuentes de alimentación independientes, un hardware preciso para evitar la capacidad ociosa, la eficiencia de las bocinas para la mayor duración de las baterías y finalmente un precio económico en la parte del sistema de audio que comprende el microcontrolador, la memoria, el decodificador y el conversor, haciendo una suma de los costos del hardware el precio no supera los 33.521 dólares americanos, pero este precio aumentaría por los gastos de envío y la cantidad en las que se compran.

➤ **SANCHEZ HERNANDEZ, Jaime Eloy**

**2011:** DISEÑO DE UN SISTEMA ECOLÓGICO REPELENTE DE AVES – CASO FIEE, Trabajo Teórico Práctico de la Facultad de Ingeniería Mecánica y Electrónica de la Universidad Nacional del Callao.

**Objetivo:** Implementar a través de un sistema ecológico repelente de aves a la Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, para liberar a dicha Facultad de molestias, suciedades y enfermedades.

**Conclusiones:**

El objetivo fundamental del trabajo de investigación es el ahuyentamiento de las palomas por medios que no alteren la parte ecológica. Asimismo se concluye que la codificación de los equipos de sonido sirve como instrumentos repelentes ecológicos de aves.

## **CAPITULO I:**

### **SITUACION ACTUAL DEL AHUYENTAMIENTO DE AVES EN LOS CAMPOS DE CULTIVO DE ARROZ**

#### **1.1. INTRODUCCIÓN**

En el ámbito de la electrónica, se abarcan distintos campos de aplicación, así tenemos empresas de comunicaciones públicas y privadas (telefonía, televisión, radiodifusión, procesamiento de señales, comunicaciones móviles etc), Industria Básica (control y automatización de procesos industriales), telemática, domótica, medicina, computación, entre otros (Bolívar, 2015). La electrónica implica satisfacer todas las necesidades tecnológicas de las personas: industriales, de comunicaciones, electrónicas, control, programación, entre otros. Este no es esquivo en el área agropecuaria; en los campos de arroz las aves representan un problema que está presente desde hace muchos años; la ocupación de aves en los arrozales es considerada como un problema que se divulga con el carácter de plaga. La manera en que son reconocidos las aves del arroz, y el control que se hace de ellas, es inconsecuente con la conservación de recursos naturales (Sedano Cruz, 2003) . Las aves ocasionan grandes daños no solo en las zonas rurales y agrícolas sino también en zonas urbanas, ejemplo de ellos son las palomas consideradas “ratas voladoras” por el mal que representan (ITECNISIL, 2015).

La paloma siempre anda en grandes grupos, esta puede llegar a consumir medio kilo de alimento a la semana, y en el aspecto higiénico sus heces tienen varios parásitos y bacterias que pueden ser transportadas por el aire ocasionando problemas de salud a la población (ITECNISIL, 2015).

##### **1.1.1. Problemas en el Sector Agrícola en el Perú**

En el Perú se tienen los siguientes problemas tipo que afectan a la agricultura peruana:



### **1.1.2. Conservación del Medio Ambiente, Erosión y Salinización**

Este punto se refiere al mal uso de los recursos naturales, llevándolos a niveles críticos de deterioros de ciertas zonas del país generando problemas de desertificación, deforestación, salinización, pérdida de tierras agrícolas, toxicidad de la vegetación, agotamiento de las fuentes de agua, degradación de ecosistemas y desaparición de especies silvestres (Ministerio de Agricultura y Riego del Perú, 2015).

Gran parte de los campesinos están en situación de pobreza debido a la inadecuada utilización y degradación de la base productiva de los recursos naturales debido a la aplicación de sistemas productivos que tienen efectos negativos entre la extracción y regeneración de los recursos (Ministerio de Agricultura y Riego del Perú, 2015).

### **1.1.3. Minifundio**

El fraccionamiento de las parcelas en pequeños minifundios y su gran dispersión representan un límite a la eficiencia productiva al tiempo que eleva los costos del transporte. La tierra es el principal activo que posee el agricultor por lo que sus derechos de propiedad deben estar claramente definidos a fin de que ese reconocimiento legal les proporcione respaldo a la producción (Ministerio de Agricultura y Riego del Perú, 2015).

### **1.1.4. Precios y Mercados**

En este punto se ve afectada la agricultura debido al desorden en producción y la poca rentabilidad y competitividad. Asimismo en la post cosecha y de mercadeo están totalmente desordenados debido a la falta de una infraestructura vial adecuada y ausencia de mercados mayoristas, lo que origina altos costos de comercialización afectando a los productores agrarios (Ministerio de Agricultura y Riego del Perú, 2015).

#### **1.1.5. Asistencia Técnica**

Siendo este un rubro importante, esta dejado de lado por lo que se debería tener un apoyo en asistencia técnica en los rubros de gestión empresarial e innovación tecnológica (Ministerio de Agricultura y Riego del Perú, 2015).

#### **1.1.6. Crédito Agrario**

El tema del crédito representa uno de los cuellos de botella del sector, es por ello que el anuncio de la creación de un Banco es esperado con mucha Interés por la mayoría de agentes económicos. La banca comercial es la principal fuente de financiamiento del sector y el 86% de sus colocaciones están en Lima. La mitad de dichas colocaciones son de corto plazo lo que dificulta la capitalización de sectores como la agricultura. También participan en el financiamiento a agricultores los comerciantes, los habilitadores y transportistas en menor escala (Ministerio de Agricultura y Riego del Perú, 2015).

#### **1.1.7. Organizaciones**

La presencia de organizaciones de productores permite tener un mejor orden en lo organizacional por eso el apoyo y fortalecimiento de organizaciones de los empresarios agrarios permitirá afianzar el planeamiento de las cadenas productivas que representa una parte sustantiva de la actividad agraria del país.

#### **1.1.8. Seguridad Alimentaria**

En este campo de la seguridad alimentaria, se necesita aún mucho trabajo puesto que se debe verificar la cantidad y calidad necesaria para una buena alimentación y tener una vida sana. El tema de seguridad alimentaria no solo abarca producción y productividad sino también conciencia en los consumidores como alimentarse mejor. Sin embargo la lucha contra los malos hábitos alimenticios aún es algo que se tiene que dar (Ministerio de Agricultura y Riego del Perú, 2015).

### **1.1.9. Empleo**

La agricultura emplea al 26% de la PEA Nacional y al 65.5% de la PEA del área rural. Sin embargo genera poco trabajo debido al bajo nivel educativo de los trabajadores en el ámbito rural (Ministerio de Agricultura y Riego del Perú, 2015).

### **1.1.10. Sanidad**

Priorizar la seguridad sanitaria y fitosanitaria posibilita el desarrollo de cosechas y crianzas sanas; controlar y erradicar las plagas y enfermedades representan acciones con una enorme incidencia socioeconómica en la actividad agraria (Ministerio de Agricultura y Riego del Perú, 2015).

## **1.2. El Arroz**

Existe una gran gama de variedades de arroz que se cultivan las cuales son afectadas por estas aves, y se escoge este cereal, pues los daños son muy notorios. Existen estudios donde aplican métodos de ahuyentamiento como cañones de gas y espantapájaros electrónicos ubicados en los campos de arroz, una razón más para escoger esta planta y realizar un sistema de audio inalámbrico que podría ser usado en estos campos.

En el Perú, el arroz es el primer producto en área sembrada y cosechada, muy por encima del café, papa y maíz amarillo; con 380,000 hectáreas en promedio. Se ha constituido en uno de los componentes esenciales de la canasta básica familiar de los peruanos (Programa Nacional de Innovación Agraria, 2015).

El arroz es un cereal que tiene raíces delgadas, fibrosas y fasciculadas con un tallo que se forma de nudos y entrenudos alternados, siendo cilíndrico, nudoso, graso y de 60 a 120 cm de longitud. Sus hojas son alternas, envainadoras, con el limbo lineal, agudo, largo y plano; sus flores son de color verde blanquecino dispuestas en espiguillas cuyo conjunto conforma una panoja grande. La inflorescencia es una panícula determinada que se localiza sobre el vástago terminal, siendo una espiguilla la unidad de la panícula (Ministerio de Agricultura y Riego, 2015).

### **1.2.1. Proceso de Cultivo del Arroz**

El arroz tiene varios procesos de cultivo, por ejemplo, la siembra directa, siembra por lote en quemas y por trasplanto (Fierro Parra, 2015).

El proceso empieza con la etapa del almácigo, la cual consiste en porción de terreno de aproximadamente 5-10 m de largo por 5-10 m de ancho, donde promueven el crecimiento de la semilla. Otra etapa es la de la semilla pre germinada donde preparan la semilla humedeciéndola, secándola y finalmente sembrándola en los terrenos preparados con una altura de agua de aproximadamente de 5 cm. Luego viene la etapa del trasplanto, aquí las parcelas donde se van a cultivar deben estar debidamente preparadas con los químicos adecuados para la siembra; la siembra se realiza cuando la planta tenga de 15 a 20 días sembrada, de tres a cuatro hojas y unos 15 cm de altura, si se pasa del tiempo se puede recortar la parte superior unos 25 a 30% de la parte superior; enterrándola a unos 2 – 3 cm de profundidad. La densidad de semilla que debería haber en cada parcela dependerá de la variedad utilizada, la fertilidad del suelo y de la época del trasplante. Luego viene la aplicación de fertilizantes, en esta etapa una vez obtenido el fango mediante la mezcla del agua con la tierra usando maquinarias, utilizando alrededor de 90 -180 kg por hectárea (Ha). Usan Nitrógeno, Sulfato y Urea. Luego viene el control de malezas el cual se puede controlar con BUTACLOR, teniendo un nivel de 5cm de agua aproximadamente evitando que toquen la hoja de la planta. El control del nivel del agua dependerá de la etapa de crecimiento que se encuentre la planta. Finalmente, de acuerdo a la variedad, y las condiciones en que se encuentra el clima, la cosecha se realiza a los 115 – 130 días y puede brindar aproximadamente 5.4 – 6.8 toneladas de arroz por hectárea (Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá, 2000).

### **1.2.2. Proceso Actual del Cultivo del Arroz**

Al inicio del cultivo de arroz no existe problema con las aves pues aún no se hace el ambiente para su alimentación.

El problema comienza cuando la semilla tiene alrededor de 10 a 15 días cuando tiene una altura aproximadamente de 13 – 15 cm.

En esta etapa hay la presencia de insectos, gusanos y demás animales pequeños que son comida de las aves, y hacen que caminen entre el almácigo ocasionando daños como plantas rotas, enterradas en el barro, hojas rotas entre otros daños.

La ocupación de Aves en arrozales es y ha sido considerado un problema que se divulga con carácter de plaga. No se ha reconocido que el manejo de la ocupación de aves merece atención al considerar la pérdida y deterioro de los humedales naturales (Sedano Cruz, 2003).

En estos campos las aves que más daño hacen son las Garzas blancas (*Cosmerodius albus*), Pato silvestre “pato güiri” (*Dendrayna autumnalis*), El Arrocero americano (*Spiza Americana*), paloma (*Columbia Livia*).

EL ahuyentamiento de las aves se da por los mismos trabajadores el cual ocasiona pérdidas de tiempo y esfuerzo, los cuales puede utilizarse en otros lados del campo, como cuidar de las plagas tales como la mosquilla o gusanos.

Actualmente se hacen uso disparos de escopetas y pirotécnicos los cuales con el tiempo viene siendo poco efectivo pues las aves se asentaron en el lugar haciendo más difícil su ahuyentamiento. Además, genera un gran gasto y tiempo el cuidar y ahuyentar a las aves.

El ave por su naturaleza tiene una gran adaptabilidad a su medio y esto se puede ver en las ciudades, estas con gran facilidad se adaptaron a los humanos (Higa Díaz, 2009).

### **1.3. Métodos de Ahuyentamiento de Aves**

En la actualidad existen diversos métodos para el ahuyentamiento de aves, desde los más empíricos hasta tecnológicos. En el campo utilizan diversos métodos empíricos, entre ellos tenemos:

- Uso de escopetas.
- Uso de pirotecnia.
- Uso de espantapájaros comunes.
- Uso de Palos usando bolsas que flamean con el viento.
- Uso de discos compactos, amarrados a un palo.
- Uso de silbatos.

En el mercado de hoy, también ofrecen métodos tecnológicos, por ejemplo:

- Espantapájaros electrónico.
- Cañones con aire a presión
- Equipos temporizados.
- Uso de drones.
- Uso de dispositivos de sonido.

## **CAPITULO 2:**

### **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA CIENTIFICO**

La ingeniería electrónica, en contextos agrícolas, ha intentado ser partícipe en el ahuyentamiento de aves que se presentan en los campos de cultivos de arroz durante los periodos de siembra y cosecha. Se han usado, durante los últimos años, métodos básicos para el ahuyentamiento de las mismas, pero, no se han logrado los resultados esperados, no solo no logrando con eficiencia el objetivo de ahuyentar sino ocasionando otros resultados negativos para la empresa.

En nuestro país, la problemática de la presencia de aves en los campos de arroz ha estado presente desde hace varios años, usando desde entonces métodos empíricos, para el ahuyentamiento, sin embargo, los resultados tanto en la presencia de aves, en la producción del arroz, tiempo y mano de obra han sido negativos para las empresas. En los departamentos de Piura, Lambayeque, La Libertad, Arequipa y San Martín, la problemática de la presencia de aves es una constante en las épocas de cosecha, crecimiento y siembra, pues son los departamentos donde se cultiva el mayor porcentaje del arroz en nuestro país. Nuestro país predomina mucho el uso de métodos empíricos para el ahuyentamiento de aves, métodos a los cuales la mayoría de empresas se ha acogido.

Por tal es preciso el diseño de un equipo inalámbrico, que trabaje en la banda de 2.4 GHz, con un alcance de hasta 1km de distancia, ya que en la actualidad se están usando muchos métodos electrónicos, así con este trabajo resulta relevante contribuir con el estudio de esta temática, y así sentar nuevas bases que habrá camino a otras modalidades de solución.

## **2.1. Formulación del Problema Científico**

¿Cómo el diseño de un equipo inalámbrico puede ahuyentar a las aves en los campos de cultivo de Arroz de la empresa Agroindustrial Vallesol SAC del caserío de Carniche Bajo del distrito de Llama en Cajamarca?

## **2.2. Objetivos**

### **2.2.1. Objetivo General.**

- Diseñar un equipo inalámbrico para el ahuyentamiento de aves.

### **2.2.2. Objetivos Específicos.**

- Estudiar las características de los daños que ocasionan las aves en los campos de cultivos de arroz.
- Estudiar como la comunicación RF (Radio Frecuencia), contribuye con el diseño del equipo inalámbrico para el ahuyentamiento de aves.
- Diseñar equipo inalámbrico.
- Implementar equipo inalámbrico.

## **2.3. Justificación e Importancia**

Una de las necesidades que tienen las empresas arroceras es el ahuyentamiento de las aves de los campos de cultivos de arroz.

En las empresas arroceras lambayecanas, se preocupan por ahuyentar a las aves, usando varios métodos artesanales. En la actualidad estos métodos siguen usándose, sin embargo, la adaptabilidad de las aves ha podido con ellos y con el tiempo estos métodos se han vuelto poco efectivos. El diseño de un sistema inalámbricos para el ahuyentamiento de aves, permitirá una reducción en las pérdidas de producción, lo que se verá reflejado en sus ingresos. El interés científico de la presente investigación se basa en la importancia de ahuyentar a las aves en los campos de cultivo de arroz; caso específico en los campos de cultivos de arroz de la empresa AGROINVERSIONES VALLESOL SAC; ya que por tratarse una empresa arroceras son más propensos a sufrir el daño de las aves.

## **2.4. Hipótesis**

Si se diseña un equipo inalámbrico que trabaja en la banda de 2.4 GHz con un alcance máximo de 1 km, se puede ahuyentar a las aves en los campos de cultivo de Arroz, reduciendo su presencia, y a la vez reducir pérdidas de tiempo y producción del arroz.



## **Diseño de Contrastación de Hipótesis**

Diseño experimental.

### **2.4.1. Contrastación de Hipótesis**

Con el diseño de un equipo inalámbrico de comunicación RF que trabaja en la banda de 2.4 GHz para el ahuyentamiento de aves, se contribuirá con la disminución de su presencia en los campos de cultivo y así reducir pérdidas en la producción del arroz y tiempo de la mano de obra.

## **CAPITULO 3:**

### **MARCO TEORICO**

#### **3.1. Sistemas de Comunicación**

##### **3.1.1. Transmisor**

- Un transmisor es aquel dispositivo que procesa la señal de entrada para producir una señal transmitida de acuerdo al canal que se transmite. La transmisión comprende casi siempre la modulación y también la codificación.
- El canal de transmisión es el medio por el cual se envía la información y pueda llegar a su destino. Existen varios canales, por ejemplo, un par de alambres, cable coaxial, una onda de radio, o un haz láser. Todo canal produce ruido y atenuación en la señal conforme haya más distancia.

##### **3.1.2. Receptor**

- El receptor opera sobre la señal de salida del canal en preparación para la entrega al transductor en el destino. Las operaciones del receptor son amplificación (compensa pérdidas en la transmisión), así como la demodulación y decodificación (con el fin de invertir el proceso realizado en la transmisión).
- El filtrado también es una operación importante. Durante la transmisión de señales, se presentan tres problemas serios que afectan la intensidad de la señal, estos son la distorsión, la interferencia y el ruido. La distorsión es la perturbación de la forma de onda, ocasionada por una respuesta imperfecta del sistema a la propia señal deseada, esta desaparece cuando no está presente la señal. Si el canal tiene una respuesta lineal, esta perturbación puede corregirse a través de compensadores. La interferencia es la contaminación de la señal debido a señales provenientes de fuentes humanas: otros transmisores, líneas de potencia y maquinarias de potencia, circuitos de conmutación, entre otros.
- La interferencia ocurre mayormente en antenas de radio, debido a que interceptan varias señales a la vez. Un filtrado adecuado, elimina la

interferencia hasta el punto que las señales interferentes ocupan bandas de frecuencias diferentes a la señal deseada.

➤ El ruido son señales aleatorias producidas que provienen de la naturaleza, tanto internos como externos. Cuando una de estas variaciones se superpone a una señal, puede corromper la misma o desaparecerla. Un filtrado puede reducir el ruido en una señal, pero siempre quedará algo de la misma. Existen comunicaciones tipo Simplex (SX), dúplex completo (FDX), semi dúplex (HDX) (Tomasi, 2003).

### 3.1.3. Modulación y Demodulación

➤ Debido a que no es práctico enviar señales a través de cables metálicos, fibra óptica, o atmósfera terrestre, se vio el caso de necesitar de una onda *portadora* por la cual se pueda enviar la información. Esto consiste en que la información sea modulada con una señal de onda portadora, la cual cambiará su frecuencia, longitud, y fase. Es decir que la modulación no es más que la variación de ciertas propiedades de la portadora en proporción a la señal de información.

Existen dos tipos de señales electrónicas, analógicas y digitales.

En los sistemas de comunicaciones analógicas tenemos que tanto la información como la portadora en la transmisión y recepción son señales analógicas, por ejemplo, una onda senoidal.

Los sistemas de comunicaciones digitales incluyen 2 formas, transmisión digital y radio digital. La transmisión digital emite señales digitales (pulsos digitales +5v (1 lógico) y tierra (0 lógico)), no existe una portadora analógica, y su fuente puede ser digital o analógica. En el caso de la señal analógica, esta debe convertirse en pulsos digitales antes de ser enviada y reconvertirse a analógico a la hora de ser recepcionados. Este sistema requiere una instalación física entre el transmisor y receptor, como por ejemplo un conductor metálico o fibra óptica.

➤ Cuando se habla de radio digital hablamos de una comunicación digital donde se transmiten portadoras analógicas moduladas digitalmente. Tanto la señal modulada y

demodulada son pulsos digitales. El medio de transmisión puede ser una instalación física o el espacio libre.

➤ En la siguiente ecuación podemos ver una onda senoidal, variante en el tiempo:

$$v_{(t)} = V \text{sen}(2\pi ft + \Theta) \dots\dots\dots (1)$$

**Donde:**

**v(t) : voltaje variable senoidalmente en el tiempo**

**V : Amplitud máxima (volts)**

**f : Frecuencia (Hertz)**

**$\Theta$  : Desplazamiento de fase (radianes)**

➤ En una señal de información analógica, tenemos 3 tipos de modulaciones sobre la portadora. Cuando la amplitud (V) es proporcional a la señal de información hablamos de un Modulación por Amplitud (AM), cuando la frecuencia (f) es proporcional a la señal de información hablamos de Modulación por Frecuencia (FM), cuando la fase varía en proporción a la señal de información es una Modulación por fase (PM).

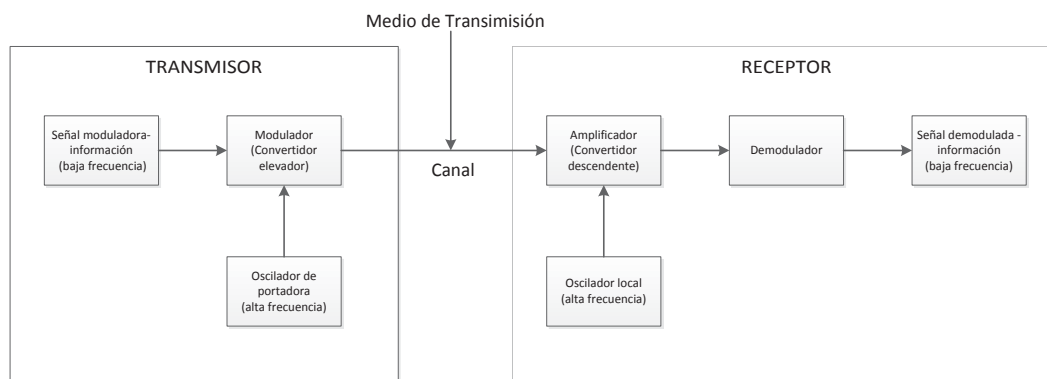
➤ Si la señal de información es digital, y la amplitud (V) de la portadora es proporcional a la señal de información, se produce una señal modulada digitalmente, llamada Modulación por Conmutación de Amplitud (ASK: Amplitude Shift Keying). Si la frecuencia (f) varía en proporción a la señal de información se produce Modulación por Conmutación de Frecuencia (FSK: Frequency Shift Keying); y si la fase varía proporcionalmente a la señal de información se produce Modulación Por Conmutación De Fase (PSK: Phase Shift Keying).

➤ Cuando tanto la Amplitud y Fase varían con el tiempo al mismo tiempo en proporción a la señal de información resulta Modulación en Amplitud en Cuadratura (QAM). Tanto ASK, FSK, PSK y QAM son modulaciones digitales.

Señal Modulante	Amplitud	Frecuencia	Fase
	Modulación efectuada		
Analógica	AM	FM	PM
Ecuación	$V(t) = V_{sen} (2\pi f t + \Theta)$		
Digital	ASK	FSK	PSK
	QAM		

*Tabla 1: Cuadro de Modulaciones.*

un sistema de comunicaciones se puede ver de la siguiente manera:



*Figura 1: Diagrama de un sistema de comunicaciones*

➤ La Señal demoduladora o de información pasa a un modulador en este caso un convertidor elevador, donde también llega la portadora. Aquí la señal se convierte en una onda modulada una vez combinada tanto la señal con la portadora. Tanto la señal de información como la modulación pueden ser analógicas o digitales. En el transmisor se realiza una elevación de las bajas frecuencias y una reducción de las frecuencias en la recepción; a todo este proceso se llama traslación de frecuencias. Este proceso se debe hacer varias veces por la cual se convierte en una parte intrincada de las comunicaciones.

### 3.1.4. Espectro Electromagnético

➤ El objetivo de las comunicaciones es transmitir información de un punto a otro, cuyo nombre común son estaciones. Esto se logra convirtiendo la señal de información en energía electromagnética, para transmitirla a una o más estaciones receptoras. La energía electromagnética se transmite en forma de voltaje o corriente, a través de un conductor o hilo, o también en ondas de radio emitidas al espacio libre, o como ondas luminosas a través de fibra óptica.

La cantidad de veces que ocurre un movimiento periódico se llama frecuencia. La unidad básica de frecuencia es el Hertz (Hz), que es igual a un ciclo por segundo ( $1 \text{ Hz} = 1 \text{ cps}$ ) (Tomasi, 2003).

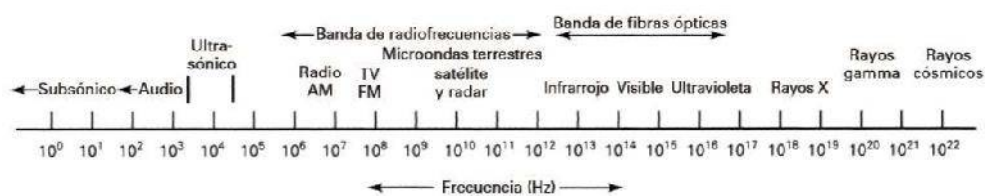


Figura 2: Espectro Electromagnético de Frecuencias (Tomasi, 2003)

### 3.1.5. Ancho de Banda y Capacidad de Información

- El ancho de banda no es más que la diferencia entre la frecuencia máxima y mínima contenida en la información, y el ancho de banda de un canal de comunicaciones es la diferencia entre la máxima y mínima que puede pasar por el canal. El ancho de banda del canal debe ser igual o mayor al ancho de banda de la información. Como regla general, un canal de comunicaciones no puede propagar una señal que contenga una frecuencia que cambie con mayor rapidez que la amplitud de banda de canal.
- La capacidad de información es una medida de cuanta información se puede propagar en un sistema de transmisión en función del ancho de banda y el tiempo de transmisión. R. Hartley de Bell Telephones

Laboratories, desarrolló una relación entre el ancho de banda, el tiempo de transmisión y capacidad de información.

$$I \propto B \cdot t \dots \dots \dots (2)$$

Siendo:

I = Capacidad de información.

B = Ancho de Banda (Hertz).

t = Tiempo de transmisión (segundos).

- Esto indica que la capacidad de información es una función lineal y directamente proporcional a ancho de banda y al tiempo de transmisión, por lo que si ambos se duplican, la capacidad de información aumentará o disminuirá la cantidad de información que se pueda transmitir en proporción al ancho de banda o tiempo de transmisión.
- En general mientras más compleja sea la señal de información, más amplio deberá ser el ancho de banda y el tiempo de transmisión.
- C.E.Shannon (también de Bell Telephone laboratorios) en 1948 un trabajo en el Bell System Technical Journal, donde relacionó la capacidad de información de un canal de comunicaciones (bits por segundo (bps)), con el ancho de banda y la relación de señal de ruido. La expresión matemática del límite de Shannon de capacidad de información es:

$$I = \text{Blog}_2\left(1 + \frac{S}{N}\right) \dots \dots \dots (3)$$

Es decir, convirtiendo a base 10 tendremos:

$$I = 3.32 \text{Blog}_{10}\left(1 + \frac{S}{N}\right) \dots \dots \dots (4)$$

Donde:

I = Capacidad de información.

B = Ancho de Banda (Hertz)

S/N = Relación de potencia de señal ruido (sin unidades)

- Un ejemplo básico donde aplicar esta fórmula; para un canal de comunicaciones de banda de voz, con una relación de potencia de señal a ruido de 1000 (30 dB), y un ancho de banda de 2.7kHz, el límite de Shannon es:

$$I = 2700 \log_2(1 + 1000)$$

$$I = 26.9 \text{ kbps}$$

- La ecuación inicial puede ordenarse y obtener la ecuación para obtener el ancho de banda:

$$B = \frac{I}{\log_2(1 + \frac{S}{N})} \dots\dots\dots (5)$$

Donde:

B = Ancho de banda (Hertz)

I = Capacidad de información (bits por segundo)

S/N = Relación Señal Ruido.

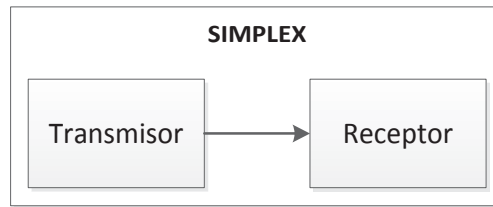
### 3.1.6. Modos de Transmisión

- Los sistemas de comunicación se pueden diseñar para la transmisión de información en una dirección, o en varias direcciones, solo una vez o en ambas direcciones a la misma vez. A estos procesos se les llaman modos de transmisión y existen cuatro que son Simplex (SX), Semiduplex (HDX, de Half Duplex), Dúplex y Dúplex/Dúplex.

#### 3.1.6.1. Simplex (Sx)

- En este modo la transmisión se realiza en una sola dirección, también llamados sólo en un sentido o sólo transmitir o recibir. Una estación puede ser solo transmisor o receptor, pero no ambos a la vez. Por ejemplo Radio y televisión que solo transmiten a uno y uno recibe.

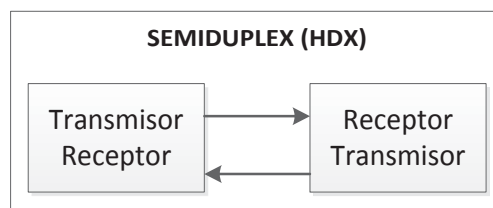




*Figura 3: Comunicación Simplex.*

### 3.1.6.2. Semi dúplex (Hdx, Half Dúplex)

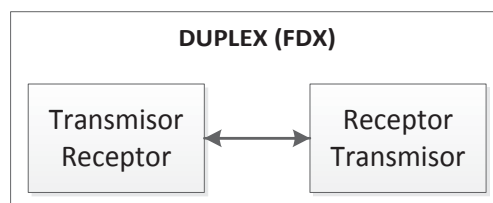
- En este modo las transmisiones pueden hacerse en ambas direcciones pero no al mismo tiempo. Se le puede llamar alternar en ambos sentidos, en uno de los sentidos o de cambio y fuera. Una estación puede ser transmisora y receptora pero no a la vez. Por ejemplo radios de banda civil y de policía.



*Figura 4: Comunicación Semi dúplex.*

### 3.1.6.3. Duplex Total (FDX, Full Duplex)

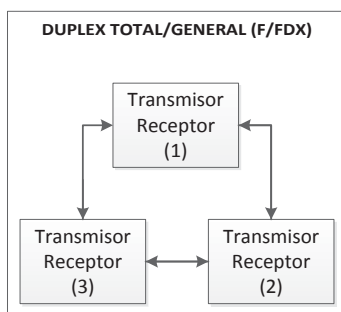
Este método permite realizar transmisiones en ambas direcciones y al mismo tiempo. Se les llama también simultáneos de dos direcciones, dúplex completos o líneas bilaterales, o en ambos sentidos. Una estación puede transmitir y recibir la información en forma simultánea, sin embargo la estación que transmite también debe ser la que recibe.



*Figura 5: Comunicación Dúplex*

#### 3.1.6.4. Dúplex Total/General (F/FDX, de full/full dúplex)

Con este método se puede transmitir y recibir en forma simultánea, pero no necesariamente entre las mismas estaciones (es decir que se puede transmitir y recibir de una segunda estación, y a la vez de una tercera). Este método se usa exclusivamente en circuitos de comunicaciones de datos.



*Figura 6: Comunicación Dúplex Total/General (Tomasi, 2003)*

#### 3.1.7. Comunicación Inalámbrica o Red Inalámbrica

Cuando hablamos de comunicación inalámbrica o red inalámbrica, hablamos de una comunicación donde hay un transmisor y un receptor el cual el medio de propagación de las señales es el aire, este método permite simplificar mucho el trabajo de comunicaciones pues no es necesario usar grandes tramos de cables para la comunicación. Sin embargo, en la actualidad aún el uso de cable está por sobre la comunicación inalámbrica, debido a que mientras la comunicación inalámbrica puede llegar hasta los 2 Mbps de velocidades, la alámbrica puede llegar hasta los 10 Mbps, y debido que la fibra óptica permite tener mayores velocidades y mayor ancho de banda, la comunicación alámbrica podrá llegar hasta velocidades de Gigabytes, mientras se estima que la comunicación inalámbrica podrá llegar hasta los 10 Mbps. La comunicación inalámbrica aún tiene muchas desventajas, por ejemplo, el clima, los rayos solares, los ruidos externos, los cuales atenúan la potencia de la señal. Pero se hacen ahora una comunicación con una “Red Híbrida” donde combinan comunicación alámbrica e inalámbrica a la vez, teniendo como red principal la alámbrica y auxiliar la red inalámbrica, el cual permita desplazarse al usuario por varios sitios a una distancia determinada.



*Figura 7: Comunicación inalámbrica entre dispositivos.*

### **3.1.7.1. Clasificación por Cobertura**

#### **3.1.7.1.1. Wireless Personal Área Network**

Red de cobertura personal, existen tecnologías como Home RF (estándar para conectar teléfonos móviles de una casa y ordenadores a un dispositivo central); Bluetooth (Protocolo que sigue la especificación IEEE 802.15.1); ZigBee (Basado en IEEE 802.15.4, aplicados en domótica).

#### **3.1.7.1.2. Wireless Local Área Network**

Redes de área local donde podemos encontrar tecnologías como Hiper LAN, un estándar del grupo ETSI, tecnologías basadas en Wi-fi, que siguen el estándar IEEE 802.11 con diferentes variantes.

#### **3.1.7.1.3. Wireless Metropolitan Área Network**

Para redes de área metropolitana, se encuentran tecnologías como WIMAX, estándar de comunicación inalámbrica basada en la norma IEEE 802.16; protocolo parecido al Wi-fi, pero con más cobertura y ancho de banda.

#### **3.1.7.1.4. Wireless Wide Área Network**

Aquí encontramos tecnologías como UMTS usadas en los teléfonos móviles de tercera generación.

- Según la frecuencia en que se transmite la señal se puede usar:

- Ondas de radio.
- Microondas Terrestres.
- Microondas por satélites.
- Infrarrojos.

### **3.1.7.2. Ventajas y Desventajas**

#### **3.1.7.2.1. Ventajas**

Entre las ventajas que se tiene son:

- No hay uso de cables físicos evitando enredos de los mismos.
- Es más económico.
- Permite gran movilidad dentro del rango de alcance de la red.
- Instalación más fácil.

#### **3.1.7.2.2. Desventajas**

Entre las desventajas tenemos:

- Posibles riesgos de la radiación emanada en las redes inalámbricas.
- Más riesgo de atenuaciones de las señales.
- Pueden ser más inseguras debido a que todos los que estén dentro del rango de acción de la red pueden tener acceso a la misma, sin embargo, puede ponerse la suficiente seguridad para que nadie pueda ingresar a la red (Stallman, 2015).

### **3.1.8. Antenas**

#### **3.1.8.1. Definición**

El “Institute of Electrical and Electronics Engineers” (IEEE) define una antena como aquella parte del sistema transmisor o receptor diseñada específicamente para radiar o recibir ondas electromagnéticas (IEEE Std. 145-1983) (IEEE, 2015) .

De acuerdo a este concepto, la antena cumple un rol importante en las comunicaciones pues a través de ella puede realizarse una comunicación de cualquier tipo de acuerdo a la forma de la antena. La antena puede ser direccional u omnidireccional; la antena omnidireccional es capaz de distribuir la energía radiada en diferentes direcciones, por ejemplo, las antenas omnidireccionales se usan en radiodifusión o comunicaciones móviles; sin embargo, las antenas direccionales solo se centran en radiar la energía en una sola dirección, estas antenas se usan en radioenlaces fijos.

Básicamente la misión de una antena es la de transmitir o recibir, sin embargo, para realizar cada una de estas aplicaciones hay una serie de condiciones particulares para poder realizarse:

- Su capacidad de radiar o recibir de unas determinadas direcciones (direccionalidad).
- La frecuencia o banda de frecuencias de trabajo.
- Los niveles de potencia que debe soportar.
- La eficiencia de la antena.



*Figura 8: Antena omnidireccional.*

### **3.1.8.2. Tipos De Antena Y Bandas De Frecuencia De Radio**

La banda de frecuencia con la cual se va a trabajar es la que va a definir el tipo de antena a utilizar, e incluso sus propiedades más importantes, ya que estas dependerán del tamaño eléctrico de la antena, es decir, de la relación entre su longitud (en antenas lineales) y la longitud de onda ( $\lambda=c/f$ , siendo  $c$  la velocidad de la luz en el vacío y la  $f$  frecuencia). Si las propiedades de la antena varían fuertemente lo mismo pasará con los mecanismos de propagación de las ondas. Así como las antenas se miden por su longitud eléctrica los distintos objetos naturales o artificiales que pueden afectar a la propagación de las ondas (una colina, un edificio, árboles, ...) también se van a medir por sus dimensiones

eléctricas. Los efectos que pueden ocasionar estos elementos con ciertas dimensiones dependerán de la frecuencia de onda.

En algunas bandas y para algunas aplicaciones usa otras nomenclaturas. Por ejemplo, para aplicaciones de microondas y radar suelen usar la división de banda L, S, C, Ku, K, ka, ..., en aplicaciones de televisión, banda I, banda II, banda III...

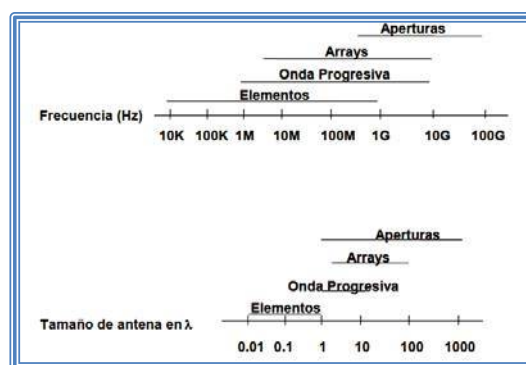
También hay antenas según el modo de radiación los cuales son:

- **Elementos de corriente.** - Son hilos conductores que soportan una onda estacionaria de corriente.
- **Antenas de Onda Progresiva:** Se suelen construir con hilos conductores eléctricamente largos terminados en cargas adaptadas o con guías dieléctricas.
- **Arrays o Agrupaciones de Antenas:** Son un conjunto de antenas iguales donde se controla la amplitud y fase de la alimentación de cada elemento para conseguir unas propiedades de radiación u otras.
- **Aperturas:** La radiación se produce en función de los campos de la onda que atraviesa dicha apertura. Ejemplo de este tipo de antenas son el extremo de una guía de onda en circuito abierto, guías abocinadas (bocina) y estructuras (Besada Sanmartin, 2010).

Banda de Frecuencia	Nombre	Servicios típicos
<b>3-30 KHz</b>	VLF (Very Low Frequency)	Navegación, sonar.
<b>30-300 KHz</b>	LF (Low Frequency)	Radiobalizas, Ayudas en la navegación.
<b>300-3000 KHz</b>	MF (Medium Frequency)	Radiodifusión AM, radio marítimo, Comunicación Guarda Costa, Radiogoniometría
<b>3- 30 MHz</b>	HF (High Frequency)	Telefonía, telegrafía, facsímil, transmisiones internacionales de ondas de choque, radio amateur, banda ciudadana, comunicaciones buque a costa y barco a aeronave,

<b>30-300 MHz</b>	VHF (Very High Frequency)	Televisión, Difusión FM, control de tráfico aéreo, policía, taxi de radio móvil, ayudas de navegación.
<b>300-3000 MHz</b>	UHF (Ultra High Frequency)	Televisión, comunicación satelital, radiosonda, radio vigilancia.
<b>3-30 GHz</b>	SHF (Super High Frequency)	Radar aerotransportado, enlace microondas, Comunicaciones móviles terrestres de transporte público, comunicación satelital.
<b>30-300 GHz</b>	EHF (Extremely high frequency)	Radar, experimental.

*Tabla 2: Tabla de Bandas de Frecuencia (Besada Sanmartin, 2010)*



*Figura 9: Tipos de antenas según bandas de frecuencia y tamaño eléctrico de las mismas (Besada Sanmartin, 2010)*

## 3.2. Sistemas de Control

### 3.2.1. Sistemas de Control Automático

“Es un arreglo de componentes físicos conectados de tal manera que el arreglo pueda comandar, dirigir o regular, asimismo o a otro sistema. Estos sistemas comandan, dirigen o controlan dinámicamente” (Pérez, Pérez, & Pérez, 2007).

“El sistema de control automático tiene por objetivo utilizar la variable manipulada para mantener la variable controlada en el punto de control a pesar de la perturbación” (Manzanares A., 1991).

“El controlador automático es un aparato que mide la variable y corrige la desviación con respecto al valor que se desea tener (puntos de ajuste, set point) y que ajustamos previamente al instrumento. El término controlador automático involucra tanto a los medios de medición como a los de control. Proceso se define como las funciones colectivas realizadas en y por el equipo en el cual la variable es controlada. Proceso incluye cualquier cosa que afecte a la variable controlada sin tomar en cuenta la variable controlada” (México, 2002).

- ✓ De acuerdo a los conceptos anteriores, podemos decir que unos sistemas de control automático vienen a ser un conjunto de acciones conectadas entre sí, para manipular una variable controlada y logra un punto de estabilidad en la misma.

### **3.2.2. Sistema de control en Malla Abierta y en Malla Cerrada**

Empezaremos con las siguientes definiciones:

“Un sistema de control en malla abierta es aquel en el cual la acción de control es independiente de la salida.”

“Un sistema de control en malla cerrada es aquel en el cual la acción de control depende, de alguna manera, de la salida”

\* Podemos decir que un sistema en malla abierta es un sistema que tiene una salida la cual no tendrá un retorno, es decir tendrá una salida definida; y un sistema en malla cerrada (retroalimentada) viene a ser un sistema que tiene una salida con retorno, que permite tener una salida más exacta en base a las perturbaciones de la salida.

#### **3.2.2.1. Características de Malla Abierta**

Su capacidad de desempeño con exactitud está determinada por su calibración. Calibrar significa establecer o reestablecer la relación entrada-salida para obtener una exactitud deseada en el sistema. Usualmente no presentan problema de inestabilidad (Gomez Cruz, 1990).

### **3.2.3. Control de Lazo Abierto y Control de Lazo Cerrado**

#### **3.2.3.1. Control de Lazo Abierto**

Un sistema de control de lazo abierto tiene una salida que no se mide ni se realimenta, por lo que no se compara con la entrada de referencia. La salida no tiene ningún efecto



en la señal o acción de control. Para el mejor entendimiento veremos la siguiente figura. Como puede verse, el sistema de control de lazo abierto se divide en dos partes, el controlador y el proceso controlado. El controlador recibirá la entrada de referencia logrando así una señal de control el cual se encargará de regular el proceso controlado, de tal manera que la variable de salida o variable controlada se desempeñe de acuerdo a ciertas especificaciones o estándares establecidos.

La exactitud de este sistema dependerá de la calibración del sistema, es decir, de la relación entrada y salida, así obtener la exactitud deseada.

Este sistema es insensible a perturbaciones, por lo que este sistema es útil siempre y cuando se tenga la seguridad que no existan perturbaciones que afecten su funcionamiento.

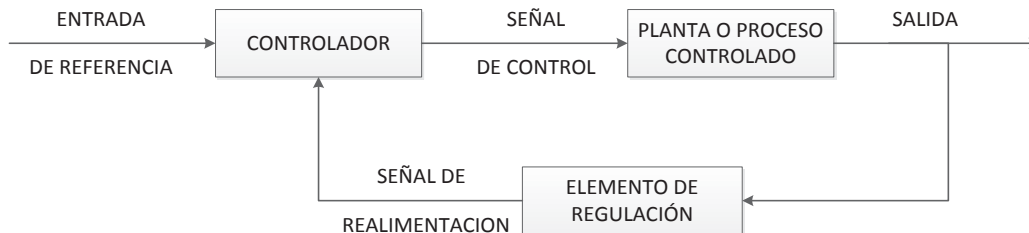


*Figura 10: Control de Lazo Abierto*

### 3.2.3.2. Control de Lazo Cerrado

Un sistema de control en lazo cerrado ocurre cuando la salida o señal controlada, debe ser comparada con la entrada de referencia y debe enviarse una señal actuante o de control, proporcional a la diferencia entre la entrada y salida través del sistema para disminuir el error y corregir la salida.

Un sistema de lazo cerrado es aquel que su salida influye directamente en la señal de control, es decir, son sistemas retroalimentados. La diferencia entre la señal de salida y de entrada se llama señal de error del sistema, esta señal actúa sobre el sistema hasta lograr una salida deseada. (Es decir usar retroalimentación negativa para para reducir error del sistema) (Pérez, Pérez, & Pérez, 2007).



*Figura 11: Control de Lazo Cerrado (Pérez, Pérez, & Pérez, 2007).*

### 3.2.4. Control Retroalimentado (Feedback) y Prealimentado (feedforward)

#### 3.2.4.1. Control Retroalimentado (Feedback)

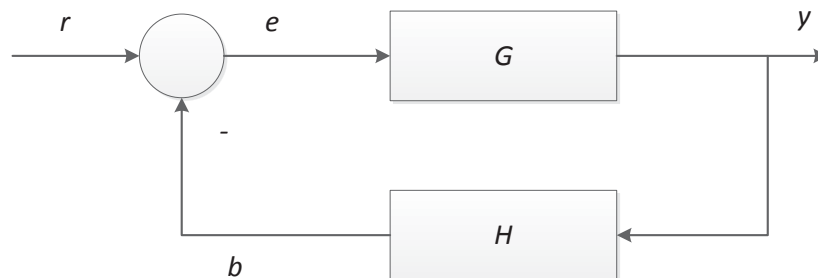
Es una de las características del sistema en malla cerrada que se distingue del sistema de malla abierta.

Se puede definir retroalimentación como aquella propiedad de un sistema de malla cerrada que permite que su salida se compare con la entrada logrando así una señal de control que esté en función de la entrada y salida.

De manera más general se dice que existe retroalimentación en un sistema cuando existe una secuencia cerrada de relaciones de causa y efecto entre las variables del sistema.

Existe un sistema con realimentación cuando una secuencia cerrada de relaciones causa-efecto existe entre variables e un sistema.

Para entender la realimentación de una manera general tomaremos en cuenta la siguiente figura de una configuración sencilla, donde  $r$  es la señal de entrada,  $y$ , es la señal de salida,  $e$ , la señal de error,  $b$ , la señal de realimentación,  $G$  y  $H$ , ganancias constantes:



*Figura 12: Diagrama de sistema de control retroalimentado.*

Usando métodos algebraicos obtenemos lo siguiente:

$$e=r-b \quad \dots 1$$

$$y=e \cdot G \quad \dots 2$$

$$b=y \cdot H \quad \dots 3$$

Despejando  $e$  de la ecuación 2 tenemos:

$$e = y/G \quad \dots 4$$

Entonces reemplazamos 3 y 4 en 1 tendremos:

$$\frac{y}{G} = r - YH \quad \dots 5$$

$$\frac{y}{G} + YH = r \quad \dots 6$$

$$Y \left( \frac{1}{G} + H \right) = r \dots 7$$

Ahora despejando de tal manera de tener la relación entre la entrada y salida se obtiene la siguiente ecuación:

$$\frac{y}{r} = \frac{1}{\frac{1+GH}{G}} = \frac{G}{(1+GH)}$$

$$M = \frac{y}{r} = \frac{G}{1+GH} \quad \dots 8 \dots \dots \dots (6)$$

De la siguiente ecuación se puede concluir lo siguiente:

- La realimentación en la ganancia global del sistema puede incrementarla en un intervalo de frecuencia, pero reducirlas en otra.
- La realimentación en la estabilidad de un sistema puede mejorarla o puede ser perjudicial a la misma.
- La Sensibilidad también puede afectar a la sensibilidad de un sistema; la sensibilidad ideal de un sistema debe ser robusto, es decir que no se afectado por las variaciones de los parámetros pero si a los comandos de entrada, la siguiente expresión algebraica dejará claro esto:

La sensibilidad del Sistema ( $M$ ) con respecto a la ganancia ( $G$ ) se define como:

$$S_G^M = \frac{\partial M / M}{\partial G / G} = \frac{\text{Porcentaje de cambio en } M}{\text{Porcentaje de cambio en } G} \quad \dots 9$$

Aquí  $\partial M$  denota el cambio incremental en  $M$  debido al cambio incremental en  $G$ ,  $\partial G$ .

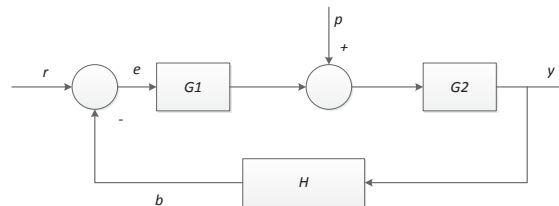
Usando la ecuación 8, la función de sensibilidad sería la siguiente:

$$S_G^M = \frac{\partial M}{\partial G} \frac{G}{M} = \frac{G}{1+GH} \quad \dots 10 \dots \dots \dots (7)$$

De acuerdo a la ecuación podemos observar que, si GH es una constante positiva, la sensibilidad irá disminuyendo, mientras el sistema permanezca estable. Sin embargo, como la magnitud  $1+GH$  es función de la frecuencia podría ser menor que uno para algunas frecuencias, por lo tanto, en algunos casos, la sensibilidad del sistema aumentará.

Por ello se concluye que la realimentación puede aumentar o disminuir la sensibilidad de un sistema.

Los sistemas están expuestos a perturbaciones o ruidos, por ello se debe realizar acciones para que el sistema sea insensible ante los ruidos o perturbaciones, pero sensible ante los comandos de entrada. No se pueden sacar conclusiones generales, pero si en muchos casos la retroalimentación ha permitido reducir los efectos del ruido o perturbaciones. Para entender mejor esto veremos la siguiente figura:



*Figura 13: Sistema Retroalimentado con Perturbación (Pérez, Pérez, & Pérez, 2007).*

Si no existe realimentación entonces el efecto de la perturbación actuando sola en el sistema es el siguiente:

$$y = pG2$$

Con presencia de realimentación el efecto de la perturbación en el sistema sería el siguiente:

$$y = \frac{G2}{1+G1G2H} p \dots \dots \dots (8)$$

Se puede ver que el ruido en el sistema disminuirá gracias al factor  $1+G1G2H$ , siempre y cuando el sistema esté estable.

Por ello se concluye que la realimentación puede reducir el efecto del ruido.

- Características de la Retroalimentación
  - Exactitud aumentada.

- Tendencia a la inestabilidad.
- Sensitividad reducida frente a las variaciones de los parámetros del sistema y otras características.
- Efectos reducidos de las no linealidades.
- Efectos reducidos de las distorsiones externas o ruidos.
- Ancho de banda aumentado.

### 3.2.4.2. Control Pre alimentado (Feedforward)

Cuando hablamos del control pre alimentado, también llamado pre calculado, viene a ser una estrategia de control común en las industrias de proceso, pues, en control retroalimentado para algunos procesos no proporciona la función de control que se requiere. El objetivo de este control es medir las perturbaciones y compensarlas antes que la variable controlada se desvíe del punto de control, si se aplica correctamente, la variable no se desviará de su punto de control (Manzanares A., 1991).

Entonces quiere decir que este sistema está afectado por la exactitud de las medidas, los cálculos efectuados y las perturbaciones no medidas.

Para entender mejor este tipo control, veremos el siguiente gráfico:

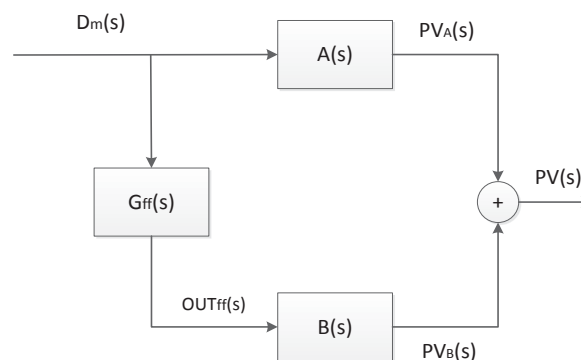


Figura 14: Sistema pre alimentado (Industrial, 2010).

$D_m(s)$ : Señal de perturbación.

$G_{ff}(s)$ : Controlador Pre alimentado.

$OUT_{ff}(s)$ : Salida del controlador.

$A(s)$ : Función de transferencia de la perturbación.

**$B(s)$**  : Función de transferencia del proceso.

**$PV(s)$**  : Variable del proceso originada por la perturbación.

Del siguiente gráfico obtenemos lo siguiente:

$$PVs = PV_A(s) + PV_B(s) \dots\dots 1$$

$$PV_A(s) = D_m(s)A(s) \dots\dots 2$$

$$PV_B(s) = OUT_{ff}(s)B(s) \dots\dots 3$$

$$OUT_{ff}(s) = D_m(s)G_{ff}(s) \dots\dots 4$$

Reemplazando 4 en 3, tenemos

$$PV_B(s) = D_m(s)G_{ff}(s)B(s) \dots\dots 5$$

Reemplazando 5 y 2 en 1 e igualando a 0 tendremos:

$$D_m(s)A(s) + D_m(s)G_{ff}(s)B(s) = 0 \dots\dots 6$$

Despejando obtendremos lo siguiente:

$$G_{ff}(s) = -\frac{A(s)}{B(s)} \dots\dots 7$$

Con esto queda comprobado que el controlador pre alimentado elimina el ruido o perturbación en un sistema. Tenemos:

$$A(s) = \frac{K_A e^{t_{dA}s}}{1 + t_A s} \dots\dots 8$$

$$B(s) = \frac{K_B e^{t_{dB}s}}{1 + t_B s} \dots\dots 9$$

Controlador Pre Alimentado.

$$G_{ff}(s) = -\frac{A(s)}{B(s)} = -\frac{K_A}{K_B} \left( \frac{1 + t_B s}{1 + t_A s} \right) e^{-(t_{dA} - t_{dB})s} \dots\dots 10$$

Entonces la ecuación queda en:

$$G_{ff}(s) = k_f \left( \frac{1 + t_{ld}s}{1 + t_{lg}s} \right) e^{-t_m s} \dots\dots\dots 11 \dots\dots\dots (9)$$

$K_f = -\frac{K_A}{K_B}$  : Ganancia del controlador.

$t_{ld} = t_B$  : Tiempo de adelanto (lead time).

$t_{lg} = t_A$  : Tiempo de atraso (lag time).

$t_m = t_{dA} - t_{dB}$  : Tiempo de atraso del controlador

(Industrial, 2010).

### 3.2.5. Sistemas con Control Feedback - Feedforward

Este tipo de control permitirá obtener un sistema con un mayor grado de exactitud en la salida de la variable controlada, ya que el feedforward (pre alimentado) se encargará de eliminar las perturbaciones que puedan aquejar durante el funcionamiento del sistema, y el feedback (realimentado) se encargará de lograr la estabilidad del sistema en base a los errores obtenidos en la salida (Industrial, 2010).

Para entender mejor este tipo de control veamos el siguiente gráfico:

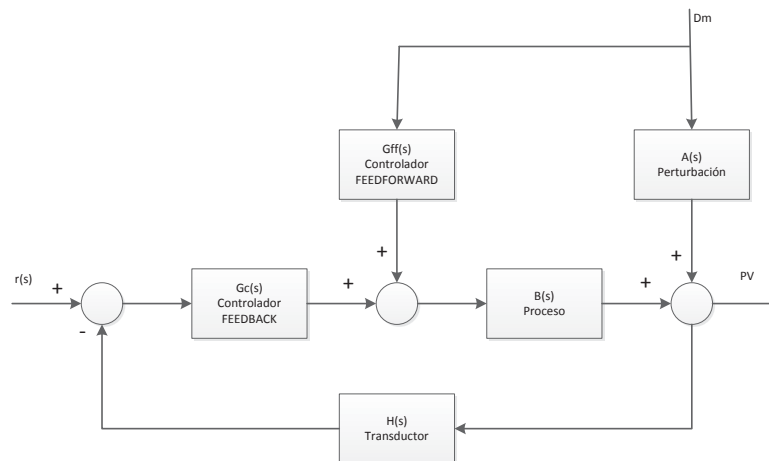


Figura 15: Diagrama de control feedback – feedforward (Industrial, 2010).

## 3.3. Aves Presentes en los Campos de Arroz

### 3.3.1. Garza Blanca (*Ardea Alba*)

Ave de la especie pelecaniforme de la familia ardeidae. Es un ave acuática de bellissimo plumaje blanco, de gran tamaño, muy hermosa y de figura esbelta, la cual llega a alcanzar un metro de altura. Siempre vuela manteniendo una

posición retraída en su largo cuello. Son aves bastantes curiosas, además de ser muy inteligentes, son capaces de volar largas distancias sin necesidad de detenerse.

#### - **Comportamiento**

Durante el apareamiento realizan fuertes gritos, es una forma de hacer llamados para tratar de encontrar pareja. Los machos son un poco más ruidosos que las hembras, debido a que también estarán advirtiéndolo a otros machos, la defensa de la zona, de la misma manera se trata de atraer a las hembras. Por lo general se tornan Pueden agresivos cuando andan en busca de pareja, o cuando protegen sus crías y huevos.

Las garzas blancas demuestran gran afinidad al agua, sea salada, dulce o salobre. En su mayoría, pasan la mayor parte del tiempo cerca o dentro del agua; en la orilla de ríos, en los pantanos, lagos, en los campos de cultivo inundados en la costa del mar, o en cualquier otro hábitat donde encuentre agua.

Por lo general se le ve solitaria o en agrupaciones considerables. Es posible encontrarla pescando cerca de otras aves acuáticas. Suele dormir en congregaciones que pueden llegar a contarse cientos de ellas.

#### - **Hábitat y Distribución**

Este pájaro, suele vivir en zonas de climas cálidos. Se encuentran en lugares tropicales de todo el mundo, los que encuentra al vivir en todo el cinturón solar. Uno de los hogares de la garza blanca son las selvas tropicales de América del Sur. Son aves migratorias, las cuales se cambian a sitios más cálidos en los meses de invierno. Por lo general habitan cerca los humedales, al agua dulce y agua salada.

La garceta grande es una especie de pájaros súper abundante, que se ha ido extendiendo que, en todos los continentes, en regiones tropicales y templadas en todo tipo de humedales. Se establece en Norteamérica expandiéndose por todo el cinturón del Sol de Estados Unidos.

#### - **Alimentación**

La dieta de la garza blanca incluye peces, ranas, pequeños reptiles y mamíferos. Suelen alimentarse en las aguas de poca profundidad, o en el hábitat seco a orillas del agua. Como herramienta usan su pico como lanza con el cual arponean a su presa, para luego tragársela.



En general todas las garzas son carnívoras. En su mayoría son pescadoras, las demás presentan hábitos insectívoros. De hecho, algunas especies complementan su sustento con los pichones de otras especies. Generalmente se alimenta de peces, reptiles y anfibios que logran atrapar.

Complementa su dieta con pequeñas aves, pequeños mamíferos, moluscos, crustáceos, lombrices e insectos. Siempre se les observa caminando lentamente o paradas en las orillas de los ríos y lagos, también en los estuarios con poca profundidad. Suele pescar desde afuera del agua, igualmente lo hace introduciéndose hasta cierta profundidad, hasta donde el agua le dé por el pecho. (Hablemos de Aves, s.f.)

### **3.3.2. Arrocero Americano (*Spiza americana*)**

Denominado arrocero norteno, gorrión de pecho amarillo, sabanero americano, sabanero arrocero y sabanero común, es una especie de ave passeriforme de la familia de los cardinálidos. (Wikipedia, la enciclopedia libre, 2015)

#### **- Comportamiento alimentario**

busca la mayor parte de su alimento sobre todo en el suelo y entre la vegetación baja. Cuando no está en época de nidificación, suele buscar su alimento en bandadas.

#### **- Dieta**

principalmente insectos y semillas. Los insectos conforman la mayor parte de la dieta al principio del verano; la misma incluye gran cantidad de saltamontes, grillos, orugas, escarabajos y muchos otros. En otras estaciones puede alimentarse sobre todo de semillas, incluso las de malezas y hierbas, así como de granos cultivados. (Audubon, s.f.)

### **3.3.3. Palomas (*Columba livia*)**

Las palomas domésticas (*Columba livia domestica*) pertenece a la familia Columbidae (orden Columbiformes).

Las palomas son consideradas como plagas debido a que son capaces de propagar enfermedades, y en los campos de arroz, afectar las espigas de arroz, comiéndose los granos en estado maduro, por lo que son problemáticas para las empresas arroceras.

### **3.4. Características de la tierra de cultivo del arroz.**

#### **3.4.1. Preparación de la tierra**

El objetivo es disponer de un suelo en condiciones óptimas para el crecimiento de las plantas y obtener altos rendimientos (8 a 10 Ha.). Comprende una serie de labores como: aradura, pase de rastra en forma cruzada y nivelación. La mayoría de los suelos se prepara en inundación. Después del pase del arado, se inundan las pozas. Se aplica una lámina de 20 cm de agua, permanecen 1 o más días y luego ingresa el tractor, con ruedas batidoras y el tablón de cuchillas. En otras áreas de siembra conforme van llenando las pozas el tractor inmediatamente procede batir las pozas para evitar el hundimiento del mismo. La labor consiste en formar un barro que se transporta de las partes altas a las bajas, realizando una nivelación bajo agua. Los pequeños agricultores utilizan las yuntas para batir y nivelar pero es una labor bastante lenta y costosa.

El batido consiste en modificar la estructura del suelo. Se consigue con implementos, como ruedas, tabloncillos batidores que llevan unas cuchillas que se apoyan al suelo, que son haladas por un tractor o yuntas o caballos, a lo largo de las pozas, en varios pases, llegando a formar barro o fango. El batido permite minimizar las pérdidas de agua en forma vertical y lateral de las pozas, y tener mayor capacidad de retención del agua. Después de la cosecha de arroz es necesario airear el suelo, dando un pase de arado y dejar expuesto el suelo por 1 o 2 meses.

Esta aireación al suelo, permite mejorar las condiciones nutricionales. La incorporación de nuevos suelos al cultivo de arroz, sin estudios previos de las características físico-químicas, está generando en las primeras siembras detención del crecimiento y clorosis que son necesarias corregir con aplicaciones de fertilizantes.

#### **3.4.2. Plagas que afectan los campos**

Durante la preparación de las tierras de cultivo, no solo se crea el ambiente necesario para el buen desarrollo de la siembra, sino crea el ambiente propicio para el desarrollo de plagas, debido a las condiciones óptimas que se presentan. Entre ellas tenemos:

- **Mosca minadora (*Hydrellia wirthii*)**

- Las larvas minan las hojas, siendo las siembras tardías (enero), los más atacados, por la migración de insectos adultos de los campos adelantados. (Siembras de Diciembre). El adulto es una mosca pequeña de más o menos 3 mm de longitud es hidrófuga, puede flotar y caminar en la superficie del agua, deposita los huevos en la lámina foliar y penetra dejando cicatrices. El estadio de larva es el más dañino, minan las hojas y pasa su estado larval, alimentándose del mesóflo. Las minas son lineales, inicialmente tiene de 0.1 a 0.2mm de ancho, y aparece como una rotura blanquecina cuando se mira a través de la luz. Se extiende en forma lineal hasta cerca de la mitad de la vida larval, luego se ensancha a medida que la larva se agranda.

- **Gusano Rojo (*Chironomus xantis*)**

Se presenta en estado de plántula, hasta el macollaje. Las larvas se desarrollan en 4 estados, y se refugian entre las partículas del suelo, o entre las raicillas. Son voraces y mantienen en actividad sus mandíbulas. No toleran falta de agua. Las pupas ascienden a la superficie del agua, y el adulto sale. Estos son de actividad nocturna, no hacen daño y se dispersan.

- **Sogata (*Tagasodes orizicolus*)**

- Este insecto es importante por causar dos tipos de daños: Transmitir el virus que causa la enfermedad de la hoja blanca. Ocasionar daños mecánicos y muerte de plántulas. Los adultos y ninfas chupan la savia de las hojas y de las panículas en el estado de huso. Ataques severos ocasionan amarillamiento en las hojas que se observan como manchas, que van creciendo en los campos atacados (Fig. 14). En las plantas atacadas pueden observarse después formación de fumagina, por las secreciones azucaradas de los insectos.

- **Chinches hediondos (*Oebalus poecillus*)**

Ataca en el estadio lechoso de las espiguillas. Para alimentarse este chinche, prefiere los granos al estado lechoso. Cuando introduce las cerdas, chupa el

contenido de los granos, e inyecta saliva, produciendo un punto oscuro en las cáscaras, rodeado de una mancha circular. El peso del grano disminuye, así como su calidad.

- **Gusano de hoja (*Spodoptera frugiperda*)**

Es un insecto común en los cultivos de arroz. Las larvas se alimentan de las hojas de la planta de arroz especialmente en el estado de plántula. Daño más severo se presenta en almácigos que presenten: Densidades altas de siembra (mayor a 200 g/m<sup>2</sup>). Aplicaciones altas de N 19 Condiciones de alta temperatura y días nublados o lluviosos son favorables al insecto. (Heros Aguilar, 2013)

### 3.5. Descripción de Elementos del Proyecto

#### 3.5.1.Control Remoto

Contiene los siguientes componentes:

- ✓ Pulsador.
- ✓ Arduino.
- ✓ Transceiver NRF24L01.
- ✓ Antena.
- ✓ Batería de 9 v

- **Pulsador**

Compuesto básicamente por pulsadores, encargados básicamente de enviar las señales al arduino.



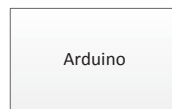
*Figura 16: Bloques de Pulsador*



*Figura 17: Pulsador*

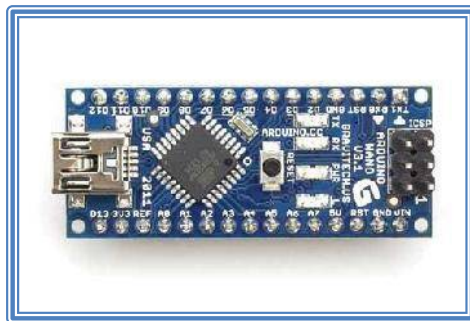
#### - **Arduino**

Compuesto por un arduino nano, encargado de procesar las señales enviadas por los pulsadores y de enviar las respuestas al transceptor NRF24L01.



*Figura 18: Bloque Arduino*

“El Arduino Nano es un tablero pequeño, completo y basado en el ATmega328 (Arduino Nano 3.x) o ATmega168 (Arduino Nno 2.x). Tiene más o menos la misma funcionalidad del Arduino Duemilanove, pero en un paquete diferente. Carece de una toma de corriente DC, y funciona con un cable USB Mini-B en lugar de uno estándar” (Arduino, 2016).



*Figura 19: Arduino Nano (Arduino, 2016)*

“Arduino es una plataforma de creación de prototipos electrónicos de código abierto basada en hardware y software flexibles y fácil de usar. Está pensado para artistas, diseñadores, aficionados y cualquier persona interesada en crear objetos o entornos interactivos.

Arduino puede detectar el ambiente recibiendo la entrada de una variedad de sensores y puede afectar su entorno controlando luces, motores y otros actuadores. El microcontrolador de la placa se programa utilizando el lenguaje de programación Arduino (basado en el cableado) y el entorno de desarrollo Arduino (basado en el procesamiento). Los proyectos de Arduino pueden ser autónomos o pueden comunicarse con el software que se ejecuta en una computadora (por ejemplo, Flash, Procesamiento, MaxMSP).”

✓ Basándonos en los conceptos anteriores, podemos concluir que el arduino es una plataforma fácil de manejar, el cual permite al programador poder realizar trabajos con más facilidad. Contiene el microcontrolador ATmega368 y su lenguaje de programación es libre, siendo el más usado el lenguaje C. Además, se pueden agregar sensores de todo tipo, permitiendo así realizar un trabajo más preciso.

La descripción del arduino es el siguiente:

- ✓ Microcontrolador ATmega328.
- ✓ Voltaje de funcionamiento (nivel lógico) 5 V.
- ✓ Tensión de entrada (recomendado) 7-12 V.
- ✓ Tensión de entrada (límites) 6-20 V.
- ✓ Pines de E / S digitales 14 (de las cuales 6 proporcionan salida. PWM).
- ✓ Pines de entrada analógica 8.
- ✓ Corriente CC por pin de E / S 40 mA.
- ✓ Memoria Flash 32 KB (de los cuales 2KB utilizados por bootloader).
- ✓ SRAM 2 KB.
- ✓ EEPROM 1 KB.
- ✓ Velocidad de reloj 16 MHz.
- ✓ Dimensiones 0.70 "x 1.70".
- ✓ Entre sus características principales tenemos:
- ✓ Reinicio automático durante la descarga del programa.
- ✓ LED azul de alimentación OK.
- ✓ LED verde (TX), rojo (RX) y naranja (L)
- ✓ Entrada de alimentación de detección / conmutación automática
- ✓ Pequeño USB mini-B para programación y monitor serie
- ✓ Encabezado ICSP para descarga directa del programa

- ✓ Espaciado estándar de 0,1"
- ✓ Interruptor de lectura manual.

(Company, 2016)

Los pines que conforman al arduino nano son los siguientes:

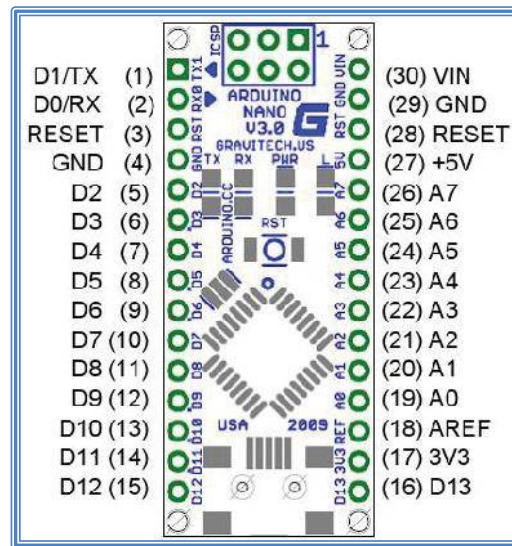


Figura 20: Pines del Arduino Nano

En el siguiente cuadro se detalla los pines del arduino:

Pin	Nombre	Tipo	Descripción
1 - 2, 5 - 16	D0 - D13	Entrada - Salida	Entrada Digital / Puertos de Salida D0 - D13
3, 28	RESET	Entrada	Reset (Activo - Bajo)
4, 29	GND	Alimentación	Tierra general
17	3V3	Salida	+3.3 V con chip FT232
18	AREF	Entrada	ADC Voltaje de referencia
19 - 26	A0 - A7	Entrada	Canales de entrada analógica 0 - 7
27	+5 V	Entrada - Salida	+5 V salida del controlador en la placa, o +5 V entrada de una fuente externa
30	VIN	Alimentación	Fuente de voltaje

Tabla 3: Cuadro de Pines del Arduino Nano (Cambodia Electronic Source, 2016).

## - **Transceptor NRF24L01**

Es un chip transceptor de 2.4 GHz con un motor de protocolo en banda base (Enhanced ShockBurst™), adecuado para potencias bajas en aplicaciones inalámbricas. El nrf24l01 está diseñado para operar en la frecuencia mundial ISM en la banda 2.400 – 2.4835GHz. Cada canal tiene un ancho de banda de 1 MHz a una velocidad de 1 Mbps y de 2 Mhz a una velocidad de 2 Mbps.

Para el diseño de un sistema de radio con nrf24l01 usaremos un arduino nano y componentes pasivos externos.

Se puede configurar y operar el nrf24l01 a través de SPI (Serial Peripheral Interface). El mapa de registros, el cual se puede acceder mediante la SPI, contiene todos los registros de configuración del nrf24l01 y es accesible en todos los modos de operación del chip.

El motor de protocolo de banda base incrustado (Enhanced ShockBurst™) se basa en la comunicación de paquetes y soporta varios modos de funcionamiento manual a funcionamiento del protocolo autónoma avanzada. FIFOs interna garantiza un flujo de datos sin problemas entre el extremo frontal de radio y MCU del sistema. Enhanced Shock Burst™ reduce el costo del sistema de manejo de todas las operaciones de la capa de enlace de alta velocidad. La parte delantera de radio utiliza modulación GFSK. Tiene parámetros configurables por el usuario, como canal de frecuencia, potencia de salida y velocidad de datos inalámbricos. El nRF24L01 soporta una tasa de datos inalámbricos de 250 kbps, 1 Mbps y 2 Mbps.

Las altas velocidades de datos inalámbricos combinado con dos modos de ahorro de energía hacen que el nRF24L01 sea muy adecuado para diseños de muy baja potencia. El nRF24L01 inalámbrica (en el aire) compatible con nRF2401A, nRF2402, nRF24E1 y nRF24E2.

Los valores de intermodulación y de banda ancha de bloqueo en nRF24L01, han mejorado mucho la adición de filtrado ha mejorado los márgenes de encuentro RF de normas reglamentarias. Reguladores de tensión interna garantiza una alta relación Potencia - Rechazo de alimentación (PSRR) y una amplia gama de alimentación.

Características del nrf24l01 implican:

### ➤ **Características de Radio**

- ✓ Operación en la banda ISM 2.4GHz en el mundo.
- ✓ 126 canales RF.
- ✓ Interface Tx y Rx común.



- ✓ Modulación GFSK.
- ✓ Velocidad de datos en el aire: 250 Kbps, 1Mbps, 2Mbps.
- ✓ Separación de canales de 1 MHz no se superponen a 1Mbps.
- ✓ Separación de canales de 2 MHz no se superponen a 2Mbps.
- **Características Como Transmisor**
  - ✓ Potencia de salida programable: 0, -6, -12 o -18 dBm.
  - ✓ 11.3 mA a 0dBm de potencia de salida.
  - ✓ Corriente máxima de 115 mA
- **Características como Receptor**
  - ✓ Rango dinámico mejorado para velocidades AGC.
  - ✓ Filtros de canales integrados.
  - ✓ 13.5 mA a 2Mbps.
  - ✓ -82 dB de sensibilidad a 2 Mbps.
  - ✓ -85 dB de sensibilidad a 1 Mbps.
  - ✓ -94 dB de sensibilidad a 250 Kbps.
  - ✓ Corriente máxima 45 mA.
- **Características como Sintetizador RF**
  - ✓ Sintetizador completamente integrado.
  - ✓ No filtro de bucle externo, VCO diodo varactor o resonador.
  - ✓ Acepta bajo costo  $\pm 60$  ppm de 16MHz.
- **Características del Enhanced ShockBurst™**
  - ✓ De 1 a 32 bytes de carga dinámica.
  - ✓ Manejo automático de paquetes.
  - ✓ Auto manejo de transacciones de paquetes.
  - ✓ Seis tuberías de datos MultiCeiver™ de 1:6 redes en estrella.
- **Características de Gestión e Energía**
  - ✓ Regulador de voltaje integrado.
  - ✓ Rango de suministro de 1.9 a 3.6 V.
  - ✓ Modos de inactividad con los tiempos de inicio rápido para la gestión avanzada de energía.
  - ✓ Se consume 26  $\mu$ A en modo de espera (Stand By), 900 nA en modo apagado.
  - ✓ Un máximo de 1.5 ms para puesta en marcha desde el modo apagado.
  - ✓ Un máximo de 130  $\mu$ s para puesta en marcha desde el modo de espera.
- **Características del Interface de Host**

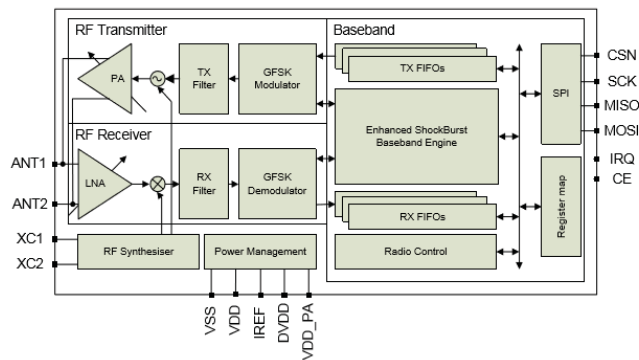
- ✓ Hardware SPI de 4 pines.
- ✓ Máximo de 10 Mbps.
- ✓ 3 separaciones de 32 bytes de Tx y Rx FIFOs.
- ✓ Tolerancia de 5 voltios en la entrada.
- ✓ Paquete WFN compacto de 4x4 mm de 20 pines. (Nordic Semiconductor, 2007)



*Figura 21: Transceptor NRF24L01*  
(Nordic Semiconductor, 2007)

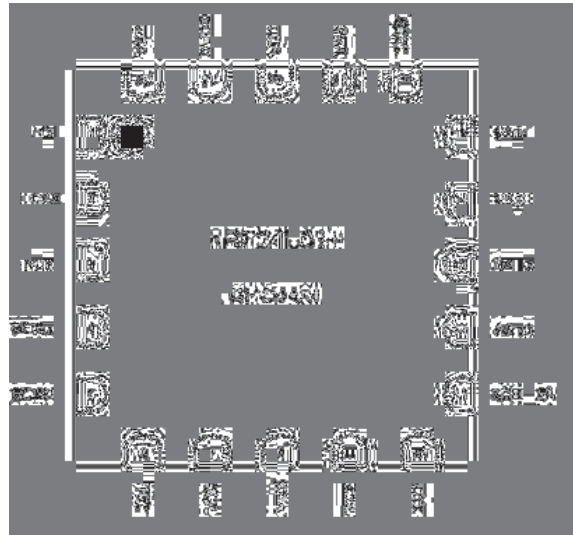
#### ➤ Diagrama de Bloques NRF24L01

Aquí tenemos el diagrama de bloques interno del chip nrf24l01:



*Figura 22: Diagrama de Bloques del NRF24L01*  
(Nordic Semiconductor, 2007)

➤ **Numeración, Nomenclatura y Función de los Pines del NRF24L01**



*Figura 23: Numeración y Nomenclatura de los pines del NRF24L01*

(Nordic Semiconductor, 2007)

Pin	Nombre	Función	Descripción
1	CE	Entrada Digital	Habilitación en chip RX Activa o modo TX.
2	CSN	Entrada Digital	Selector de Chip SPI.
3	SCK	Entrada Digital	Reloj SPI.
4	MOSI	Entrada Digital	Entrada de datos SPI del esclavo.
5	MISO	Salida Digital	Salida de datos SPI del esclavo, con opción de 3 estados.
6	IRQ	Salida Digital	Pin de interrupción enmascarable. Activa Baja.

7	VDD	Poder	Fuente de Poder (1.9 a 3.6 v)
8	VSS	Poder	Tierra (0v)
9	XC2	Salida Análoga	Pin 1 del cristal
10	XC1	Entrada Análoga	Pin 2 del cristal
11	VDD_PA	Salida de Poder	Salida de la fuente de poder (1.8V) para el amplificador de poder interno del nrf24l01. Debe estar conectado al ANT 1 y ANT 2.
12	ANT1	RF	Interface de antena 1
13	ANT2	RF	Interface de antena 2
14	VSS	Poder	Tierra (0V)
15	VDD	Poder	Fuente de Poder (1.9 a 3.6 v)
16	IREF	Entrada Análoga	Corriente de Referencia. Conectado a una resistencia de 22 ohmios a tierra.
17	VSS	Poder	Tierra (0V)
18	VDD	Poder	Fuente de Poder (1.9 a 3.6 v)
19	DVDD	Salida de Poder	Fuente de salida digital interna.
20	VSS	Poder	Tierra (0V)

*Tabla 4: Función de los pines del NRF24L01*

(Nordic Semiconductor, 2007)

➤ **Aplicaciones**

- ✓ Dispositivos inalámbricos de PC.
- ✓ Mouse, teclados y dispositivos a distancias.
- ✓ 3 en 1 manojos de escritorio.
- ✓ Centro Media Avanzado de controles a distancia.
- ✓ Audífonos VoIP.
- ✓ Dispositivos de juegos.
- ✓ Sensores y relojes deportivos.
- ✓ Controles RF para electrónica de consumo.
- ✓ Automatización en casa (Domótica) y comercial.
- ✓ Sensores de redes de baja potencia.
- ✓ RFID activa.
- ✓ Activador de sistema de seguimientos.
- ✓ Juguetes.

(Nordic Semiconductor, 2007)

➤ **Antena**

En el presente proyecto se están usando antenas SMA con su respectivo conector SMA. Ahora pasaremos a describirlos.



*Figura 24: Antena SMA*

➤ **Especificaciones:**

Especificación	Valor
Ganancia de la antena	+2 dBi
Impedancia	50 ohmios
Tipo	Dipolo
Polarización	Vertical Lineal
VSWR	$\leq 2.5 : 1$
Frecuencia	2400 – 2500 MHz

Peso	13g
Tamaño	105 x 10 mm
Color de Antena	Negro

*Tabla 5: Cuadro de Especificaciones de la Antena.*

(LS RESEARCH, LLC, 2012)

#### ➤ Conector SMA

Es un conector coaxial para RF fabricado como conector en miniatura para la transmisión de señales por cable coaxial con un mecanismo roscado. Tiene una impedancia de 50 Ohm y es excelente para la transmisión de señales de hasta 18 GHz. Existen en el mercado versiones del conector que llegan a alcanzar hasta los 46 GHz pero por sus características es un conector con un elevado precio.



*Figura 25: Conector SMA Macho y Hembra*

### 3.5.2. Sensor PIR de Movimiento

Contiene varios elementos los cuales ya fueron descritos anteriormente, por lo que detallaremos los elementos que aún no han sido mencionados.

- ✓ Arduino Nano
- ✓ NRF24L01
- ✓ Sensor PIR HC-SR501
- ✓ Batería de 12 V

#### ➤ Sensor PIR HC-SR501

Este sensor está basado en tecnología infrarroja, módulo de control automático, usando un diseño de prueba importado alemán LH1778. De alta sensibilidad, de alta confiabilidad, operando en modo ultra bajo voltaje. El término PIR viene de Passive Infrared (Infrarrojo pasivo), quiere decir que este dispositivo no emite señales sino solo recibe ante determinadas fuentes de calor del cuerpo humano o animales. Es decir que

capta presencia detectando la diferencia de calor entre el espacio que cubre y los cuerpos (humanos y animales).

Su componente principal son los sensores piro eléctricos; estos son componentes electrónicos diseñados para detectar la variación infrarroja recibida. Cuenta dentro del encapsulado con un transistor de campo que amplifica la señal cuando es recibida la variación infrarroja. Esta señal recibida es a través de lentes de fresnell (**Villegas, 2012**).



*Figura 26: Sensor PIR HC-SR501*

**(Villegas, 2012)**

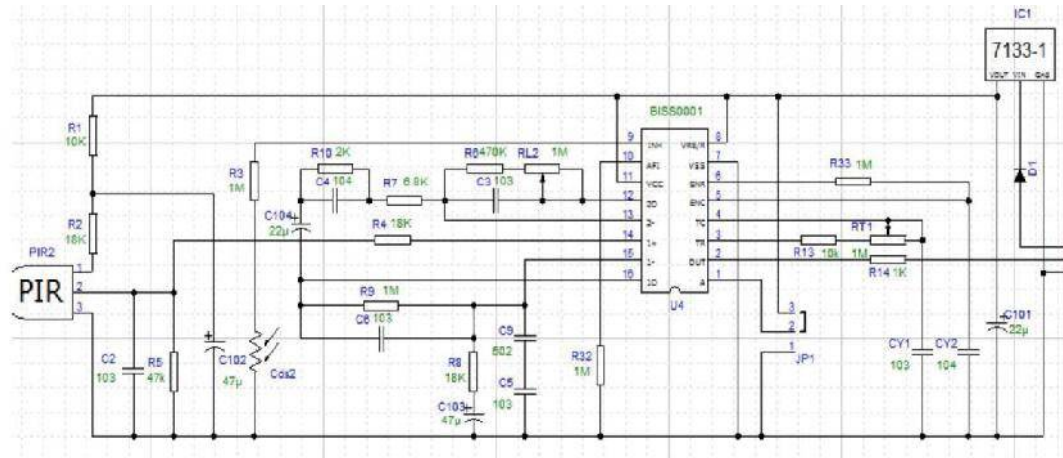
➤ **Especificaciones**

- ✓ Voltaje: 5-20v.
- ✓ Consume energía de 65mA.
- ✓ Salida TTL: 3.3v, 0V.
- ✓ Tiempo de retardo ajustable (3-5 min)
- ✓ Tiempo de bloqueo 0.2 segundos.
- ✓ Métodos de disparo: L-Desactivado disparo repetido.

H-Activado disparo repetido.

- ✓ Rango de detección: Hasta 120° y 7 metros.
- ✓ Temperatura: -15°- +70°
- ✓ Dimensiones: 32x24 mm, distancia entre tornillos 28 mm, diámetro de la lente 23mm.

➤ **Diseño Electrónico del PIR HC-SR501**



*Figura 27: Diseño electrónico del PIR HC-SR501*

**(MARLIN P. JONES & ASSOC. INC., 2016)**

En el presente gráfico podemos observar dos empaquetados, uno es el regulador de voltaje 7133-1 y el controlador del PIR BISS0001, pasaremos ahora a describir brevemente cada uno de estos elementos (MARLIN P. JONES & ASSOC. INC., 2016).

➤ **Regulador 7133-1**

Este regulador funciona con bajo voltaje, soportando una entrada de hasta 24v, este tiene una salida de 3.3v de acuerdo a su tabla de especificaciones.

Selection Table			
Part No.	Output Voltage	Package	Marking
HT7130-1	3.0V	TO-92 SOT-89 SOT-25	71XXA-1 (for TO-92) 71XX-1 (for SOT-89) 1XX1 (for SOT-25)
HT7133-1	3.3V		
HT7136-1	3.6V		
HT7144-1	4.4V		
HT7150-1	5.0V		

*Tabla 6: Tabla de voltajes de salida del regulador 7133-1*

➤ **Controlador PIR BISS0001**

Es un controlador que usa una técnica de diseño digital de mezcla analógica.

(AVR Project, 2016)



Ahora veremos sus características:

Irs	RELAY SOURCE CURRENT				5	mA
Irsink	RELAY SINK CURRENT				5	mA
Vro	RELAY OPERATING VOLTAGE	18.8V: RELAY ON 13.1V: RELAY OFF	13.1		18.8	V
Iitsink	TRIAC SINK CURRENT				15	mA
Iitsource	TRIAC SOURCE CURRENT				50	uA

*Tabla 7: Características del BISS0001*

(AVR Project, 2016)

BISS0001 ELECTRICAL CHARACTERISTICS						
Symbol	Parameter	Condition	Min.	Typ.	Max.	Unit
Vdd	SUPPLY VOLTAGE		3	5	5	V
Ist	STANDY CURRENT		0.9	1.0	1.2	mA
idd	OPERATING CURRENT	1.8mA, TRIAC 2.5mA, RELAY	1.8		2.5	mA
Vref	STABLE VOLTAGE	Vdd>4.2V	3.0	3.2	3.4	V
Iref	SOURCE CURRENT OF Vref		200			uA
	RIPPLE OF Vref				0.5	mV
	INPUT AND OUTPUT REGULATION OF Vref				0.3%	
Ftb	TIME BASE OPERATING FREQUENCY		15	16	17	KHZ
Vt+	CDS OPERATING TRIGGER		1.3	1.7	2.1	V
Vt-	CDS OPREATING TRIGGER		0.6	0.9	1.1	V
Icds	CDS SOURCE CURRENT		2.6	3.5	4.4	uA
Isource	CDS OUTPUT SOURCE CURRENT		9	10.4	17.4	mA
Isink	CDS OUTPUT SINK CURRENT		11.6	13	21	mA

*Tabla 8: Tabla de valores eléctricos del BISS0001*

(AVR Project, 2016)

### 3.5.3. Unidad Central

- ✓ Arduino Nano.
- ✓ NRF24L01.
- ✓ Módulo DS3231.
- ✓ Pantalla LCD (2x16).

- ✓ Regulador 7805.
- ✓ Realy de 12 V
- ✓ Foto Resistencia LDR
- ✓ Batería de 12 V

#### - **Módulo DS3231**

Este módulo permite tener un conteo más detallado del tiempo, puesto que el arduino de por si no puede, es por eso que por medio de este módulo puede lograrse. Incluso puede seguir el conteo después de apagado gracias a la batería de 3.6v.



*Figura 28: Módulo DS3231*

Este módulo está basado en el RTC (Real Time Clock), y la memoria EEPROM AT24C32, ambos mediante la comunicación del protocolo I2C. Este módulo posee un oscilador interno compensado por temperatura lo que permite tener mayor precisión. La memoria permite almacenar 32Kbits (4Kbytes) datos de manera permanente.

#### ➤ **Funciones del Módulo RTC DS3231**

- ✓ Entrega segundos, minutos, horas, número de día, día de la semana, mes y año.
- ✓ Compensación del año bisiesto.
- ✓ Formato de hora configurable 24 -12 horas.
- ✓ Especificaciones Técnicas
- ✓ Voltaje de Operación: 3.3V - 5V
- ✓ RTC de alta precisión DS3231 con oscilador interno
- ✓ Exactitud Reloj: 2ppm

- ✓ Dirección I2C del DS3132: Read(11010001) Write(11010000)
- ✓ Memoria EEPROM AT24C32 (4K \* 8bit = 32Kbit = 4KByte)
- ✓ Comunicación I2C, solo utiliza 2 cables.
- ✓ Salida de onda cuadrada programable
- ✓ La batería puede mantener al RTC funcionando por 10 años.
- ✓ Puede ser usado en cascada con otro dispositivo I2C, la dirección del AT24C32 puede ser modificada (por defecto es 0x57)
- ✓ Conexión para Arduino:

SCL - A5

SDA - A4

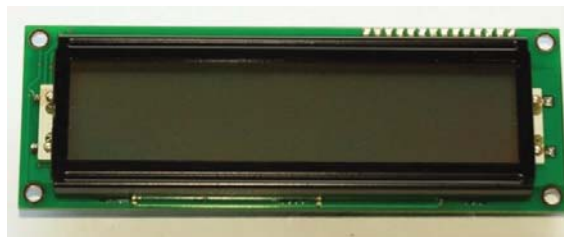
VCC - 5V

GND – GND

(NAYLAMP MECHATRONICS, 2016)

### - Pantalla LCD

Sus iniciales significan (Liquid Crystal Display) en español quiere decir Pantalla de Cristal Líquido. Un LCD es un módulo básico usado comúnmente en varios dispositivos y circuitos. Son elementos que terminan preferentemente en siete segmentos y multi segmentos. Las principales razones es que son económicos, y fácilmente programables. Con 2 líneas horizontales y 16 verticales. Tiene dos registros, comando y datos (Vishay, 2002).



*Figura 29: Pantalla LCD 2 x 16*

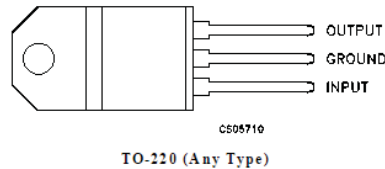
Tiene la siguiente distribución de sus pines:

PIN NUMBER	SYMBOL	FUNCTION
1	Vss	GND
2	Vdd	+ 3V or + 5V
3	Vo	Contrast Adjustment
4	RS	H/L Register Select Signal
5	R/W	H/L Read/Write Signal
6	E	H → L Enable Signal
7	DB0	H/L Data Bus Line
8	DB1	H/L Data Bus Line
9	DB2	H/L Data Bus Line
10	DB3	H/L Data Bus Line
11	DB4	H/L Data Bus Line
12	DB5	H/L Data Bus Line
13	DB6	H/L Data Bus Line
14	DB7	H/L Data Bus Line
15	A/Vee	+ 4.2V for LED/Negative Voltage Output
16	K	Power Supply for B/L (OV)

*Tabla 9: Tabla de Pines del LCD (Vishay, 2002).*

#### - Regulador 7805

Elemento que se encarga de regular el Voltaje de entrada a 5 v para la alimentación de los elementos de la unidad central que lo necesitan.



*Figura 30: Diagrama de Pines del regulador 7805*

#### - Relay de 12v a 35 A

Este dispositivo funciona como switch on/off, activado por la bobina energizada en su interior cuando el voltaje pasa a través de esta crea un campo magnético logrando así la activación.



*Figura 31: Relay de 12v*

### - Foto Resistencia LDR

Las iniciales LDR significan Light Dependent Resistor, quiere decir Resistor Dependiente de la Luz. Esta foto resistencia cuando recibe la luz, disminuye la resistencia permitiendo el pase de la corriente.



*Figura 32: Foto resistencia LDR*

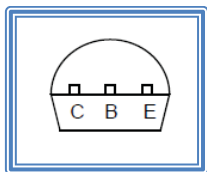
#### 3.5.4. Bloque Actuador

En este bloque existen elementos que ya se explicaron anteriormente, así que solo se detallarán los elementos que aún no se han explicado, los demás pueden verse en los apartados anteriores.

- ✓ Arduino nano.
- ✓ NRF24L01.
- ✓ Transistor bc548.
- ✓ Bocina de Aire.
- ✓ Batería de 12 V

### - Transistor bc548

El transistor bc548 es un amplificador de silicona NPN, sus pines se distribuyen de la siguiente manera:



*Figura 33: Pines del transistor bc548.*

Características	Símbolo	Valor	Unidad
Voltaje Colecto -Emisor	$V_{CEO}$	30	V
Voltaje Colector-Base	$V_{CBO}$	30	V
Voltaje Emisor-Base	$V_{EBO}$	6.0	V
Corriente de Colector (DC)	$I_C$	100	mA
Energía de Disipación @ $T_A$	$P_d$	1.5 5.0	W mW/°C
Energía de Disipación @ $T_C$	$P_d$	1.5 12	W mW/°C
Resistencia Térmica y unión al aire ambiente	$R_{\theta JA}$	200	°C/W
Resistencia Térmica, unión a encapsulado	$R_{\theta JC}$	83.3	°C/W
Funcionamiento y almacenamiento de Temperatura	$T_i, T_{STG}$	-55~150	°C

*Tabla 10: Tabla de Especificaciones DE BC548 (FAIRCHILD SEMICONDUCTOR TM, 1997)*

#### - Bocina de Aire

Esta bocina de aire consta de tres cornetas, una corneta de 21 cm de largo por 7.5 cm de diámetro y otras dos cornetas de 16 cm de largo por 7 cm de diámetro. Tiene una pequeña compresora que se encarga de proporcionar el aire a las cornetas.



*Figura 34: Bocina de 3 cornetas con compresora de aire.*

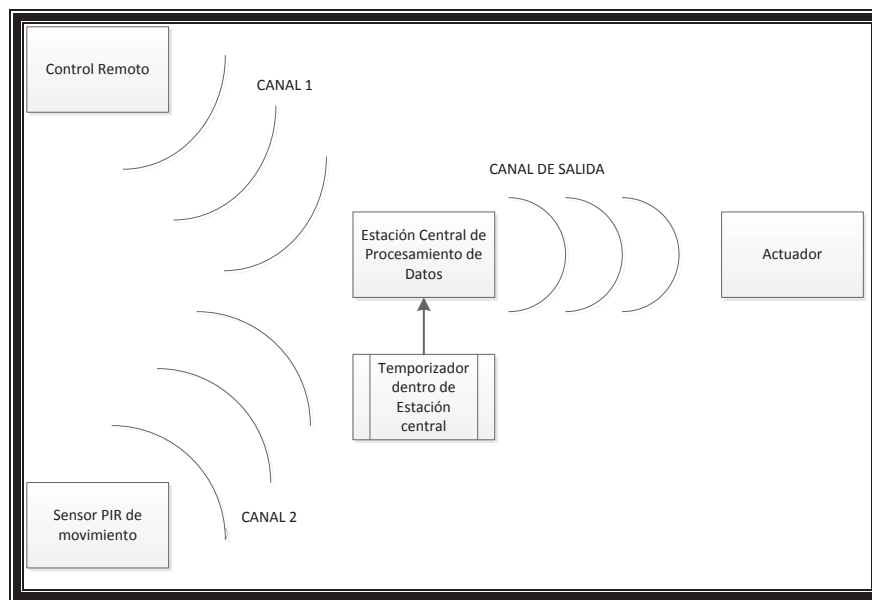
Esta bocina consume 12 v y una corriente de aproximadamente 30 A, lo que permite obtener una potencia de 360 W.

## CAPITULO 4:

### DISEÑO DEL PROYECTO

#### 4.1. DISEÑO Y ARMADO DEL HARDWARE

La Parte del Hardware está compuesta por tres transmisores (control remoto, sensor PIR, temporizador), una estación central y un actuador; el diagrama de bloques general de funcionamiento es el siguiente:



*Figura 35: Diagrama de Bloques General de Funcionamiento*

Aquí podemos apreciar los diferentes bloques que conforman el equipo, ahora seguiremos con la descripción de cada uno de los bloques.

##### 4.1.1. Descripción

###### 4.1.1.1. Control Remoto

Este cumple la función de Transmitir, cumple la función de enviar las señales de alerta en el momento que el usuario desee, teniendo dos modos de aviso. El primer modo es que el cliente podrá activar durante cinco segundos la sirena de alarma pulsando una sola vez el botón indicado; el segundo modo es que el cliente podrá activar durante el tiempo que desee la sirena de alarma

manteniendo presionado el botón indicado. Está compuesto por los siguientes componentes:

- Batería de 9 v.
- Arduino Nano.
- Transceiver NRF24L01.
- Regulador de 5v LM1111.
- Elementos pasivos varios (pulsadores, resistencias)

En el apartado de descripción del proyecto se detallarán cada uno de los elementos nombrados.

#### **4.1.1.2. Sensor PIR de movimiento.**

Este es un sensor de movimiento encargado de mandar una señal a la unidad central cada vez que detecte un movimiento, basándose en el calor que tiene el cuerpo en movimiento. Este bloque contiene los siguientes elementos:

- ✓ Sensor PIR HC-SR501
- ✓ Arduino Nano
- ✓ Transceiver NRF24L01
- ✓ Elementos pasivos varios (resistencias, condensadores)

#### **4.1.1.3. Unidad Central**

Está encargado de procesar las señales recepcionadas, enviadas tanto por el control remoto como del sensor de movimiento. Este bloque viene a ser el cerebro del sistema, ya que se encarga de dirigir todo. También dentro del mismo existe un tercer modo el cual puede ser accionada la sirena, hablamos del modo TEMPORIZADO. Este modo se encarga de acuerdo a la recolección de datos mandar una señal de activación de la sirena en determinadas horas, las cuales han sido programadas previamente.

Esta Unidad está conformada por los siguientes elementos:



- ✓ Arduino Nano.
- ✓ Módulo DS3231
- ✓ Pantalla LCD de 2x16 pines
- ✓ Regulador 7805
- ✓ Relay de 10 A
- ✓ LDR
- ✓ Transceiver NRF24L01
- ✓ Batería 12v

#### **4.1.1.4. Actuador**

Se encarga de emitir el sonido de ahuyentamiento, consiste en una etapa de potencia, la cual al recibir la señal del arduino, el cual previamente recibió la señal del Transceiver, activa la etapa de potencia que activa la sirena. Este bloque contiene los siguientes elementos:

- ✓ Transceiver NRF24L01.
- ✓ Arduino Nano.
- ✓ Transistor bc548 (NPN)
- ✓ Relay 12v
- ✓ Corneta de 12v 30 A
- ✓ Batería de 12V 4A
- ✓ Batería de 12V 30<sup>a</sup>

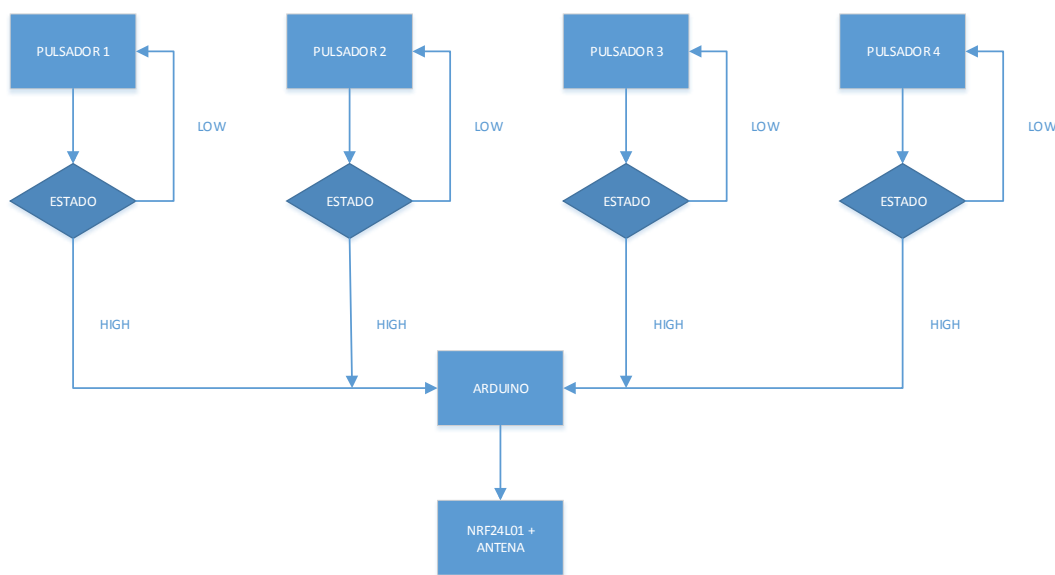
Ahora pasaremos al funcionamiento de cada uno de estos bloques.

#### **4.1.2. Funcionamiento**

##### **4.1.2.1. Control Remoto**

Su función es activar la sirena. Tiene un primer pulsador que activa la sirena durante 3 segundos seguidos luego queda apagado. El segundo pulsador activa la sirena de acuerdo como lo mantenga presionado el usuario, el tercer pulsador habilita y deshabilita el temporizador y un cuarto pulsador habilita y deshabilita el sensor de movimiento.

La ventaja de este tipo de control remoto que tiene la capacidad de activar el dispositivo hasta un rango de 1km de distancia de la estación central gracias al dispositivo NRF24L01, que tiene un rango de 1km de alcance.



*Figura 36: Diagrama de Funcionamiento del Control Remoto*

#### 4.1.2.2. Sensor PIR de Movimiento

Conformado por el sensor PIR HC-SR501, el cual se encarga de detectar el calor que emanan los cuerpos, de ese modo, cualquier cuerpo que se acerque será detectado por el sensor, enviando una respuesta hacia el arduino, el cual se encargará de procesar la señal recibida y enviarla al NRF24L01 que se encargará de enviar, por su antena, a la estación central.

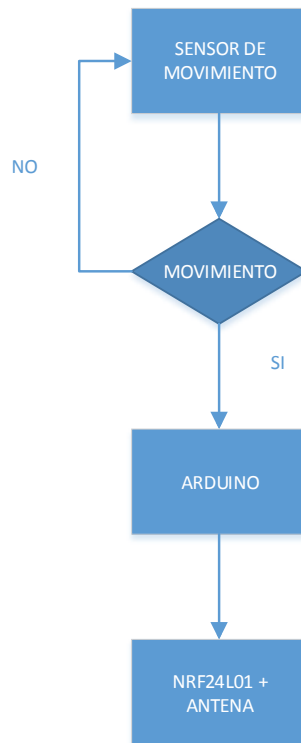


Figura 37: Diagrama de Funcionamiento del Sensor PIR.

#### 4.1.2.3. Estación Central

Conformado por un nrf24l01 y un arduino, se encarga recepcionar todas las señales provenientes de los transmisores, en este caso control remoto y sensor de movimiento, luego enviarlas hacia el actuador donde está la sirena.

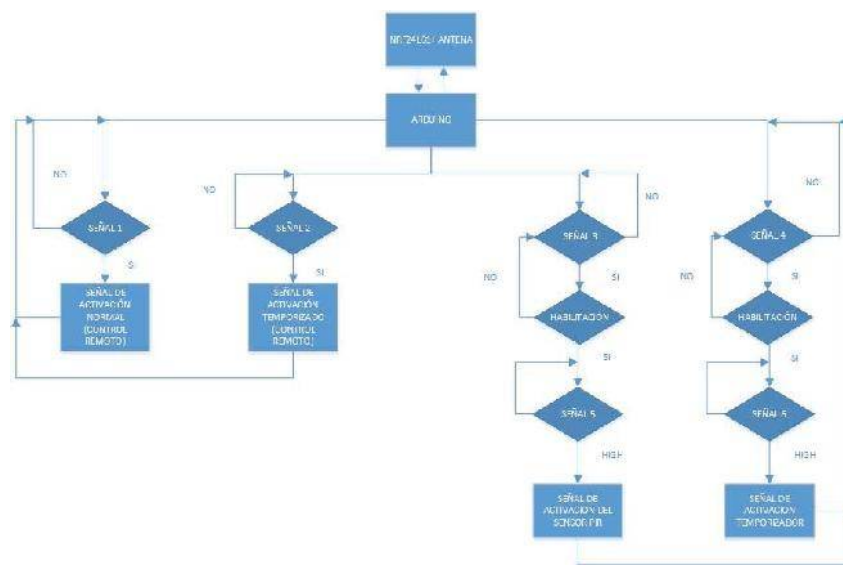


Figura 38: Diagrama de funcionamiento de la Unidad Central

#### 4.1.2.4. Actuador

Su función es recepcionar la señal enviada de la unidad central y activar la sirena. Comprende una etapa de potencia y la salida (la sirena), Al igual que los demás bloques, este contiene en su interior un arduino que procesa la señal recibida, para luego pasar a la etapa de potencia y activar la sirena.

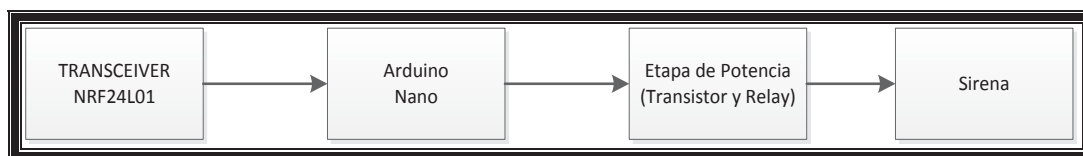


Figura 39: Diagrama de funcionamiento del Actuador

##### 4.1.2.4.1. Ecuaciones de Señal de Sonido

##### Convertir Watts a DBm

Para la siguiente conversión aplicaremos la siguiente fórmula:

$$P(\log) = 10 \log \left( \frac{P(mW)}{1mW} \right) \dots \dots \dots 10$$

Desarrollando y despejando la siguiente fórmula obtendremos lo siguiente:

$$\begin{aligned} \frac{P(\log)}{10} &= \log \left( \frac{P(mW)}{1mW} \right) \\ 10^{\frac{P(\log)}{10}} &= 10^{\log \left( \frac{P(mW)}{1mW} \right)} \\ 10^{\frac{P(\log)}{10}} &= \frac{P(mW)}{1mW} \\ 1mW \times 10^{\frac{P(\log)}{10}} &= P(mW) \dots \dots \dots 11 \end{aligned}$$

(INDECO, 2017)

Reemplazado los valores obtendremos la siguiente tabla:

Aplicando teoría +3dB(x2), -3dB(x0.5)		Aplicando Fórmula sabiendo valor en dBm		Aplicando Fórmula sabiendo valor de mW	
dBm	mW	dBm	mW	dBm	mW
0	1	0	1	0	1
1	1.25	1	1.2589254	0.9691001	1.25
2	1.5625	2	1.5848932	1.9382003	1.5625
3	2	3	1.9952623	3.0103	2
4	2.5	4	2.5118864	3.9794001	2.5
5	3.125	5	3.1622777	4.9485002	3.125
6	4	6	3.9810717	6.0205999	4
7	5	7	5.0118723	6.9897	5
8	6.25	8	6.3095734	7.9588002	6.25
9	8	9	7.9432823	9.0308999	8
10	10	10	10	10	10
11	12.5	11	12.589254	10.9691	12.5
12	16	12	15.848932	12.0412	16
13	20	13	19.952623	13.0103	20

14	25	14	25.118864	13.9794	25
15	32	15	31.622777	15.0515	32
16	40	16	39.810717	16.0206	40
17	50	17	50.118723	16.9897	50
18	64	18	63.095734	18.0618	64
19	80	19	79.432823	19.0309	80
20	100	20	100	20	100
21	128	21	125.89254	21.0721	128
22	160	22	158.48932	22.0412	160
23	200	23	199.52623	23.0103	200
24	256	24	251.18864	24.0824	256
25	320	25	316.22777	25.0515	320
26	400	26	398.10717	26.0206	400
27	512	27	501.18723	27.0927	512
28	640	28	630.95734	28.0618	640
29	800	29	794.32823	29.0309	800
30	1024	30	1000	30.103	1024

31	1280	31	1258.9254	31.0721	1280
32	1600	32	1584.8932	32.0412	1600
33	2048	33	1995.2623	33.1133	2048
34	2560	34	2511.8864	34.0824	2560
35	3200	35	3162.2777	35.0515	3200
36	4096	36	3981.0717	36.123599	4096
37	5120	37	5011.8723	37.0927	5120
38	6400	38	6309.5734	38.0618	6400
39	8192	39	7943.2823	39.133899	8192
40	10240	40	10000	40.103	10240
41	12800	41	12589.254	41.0721	12800
42	16384	42	15848.932	42.144199	16384
43	20480	43	19952.623	43.1133	20480
44	25600	44	25118.864	44.0824	25600
45	32768	45	31622.777	45.154499	32768
46	40960	46	39810.717	46.123599	40960
47	51200	47	50118.723	47.0927	51200

48	65536	48	63095.734	48.164799	65536
49	81920	49	79432.823	49.133899	81920
50	102400	50	100000	50.103	102400
51	131072	51	125892.54	51.175099	131072
52	163840	52	158489.32	52.144199	163840
53	204800	53	199526.23	53.1133	204800
54	262144	54	251188.64	54.185399	262144
55	327680	55	316227.77	55.154499	327680
56	409600	56	398107.17	56.123599	409600
57	524288	57	501187.23	57.195699	524288
				55.563025	360000

Tabla 11: Tabla de Valores dBm y mW

Para el presente proyecto, el Sistema actuador, el cual será la fuente de sonido arrojará una potencia de (12v x 30A) 360 W, lo que equivale 360000 mW. Aplicando la fórmula se obtendrá 55.563 dBm por lo que tendríamos la siguiente afirmación:

$$360000\text{mW} = 55.563 \text{ dBm}$$

#### 4.1.2.4.2. Cálculo de la Atenuación de Sonido

En el presente proyecto usamos una fuente de sonido que genera una onda cilíndrica, es decir que el sonido sigue como una línea imaginaria hacia el campo donde se aplica, por lo tanto aplicaremos la siguiente fórmula:

$$I = \frac{W}{4\pi r^2} \dots \dots 12$$

Esto representa que la señal en campo abierto irá decreciendo en -6dB por cada distancia al duplicarse la misma.

De acuerdo al resultado obtenido la potencia en dB sería 55.56 entonces aplicando lo anterior mencionado obtendríamos lo siguiente:

dB	Distancia (m)
55.56	1
49.56	2
43.56	4
37.56	8
31.56	16
25.56	32
19.56	64
13.56	128
7.56	256
1.56	512

Obteniendo así que la potencia del Sonido irá decreciendo hasta 1.56 dB en 512 m.

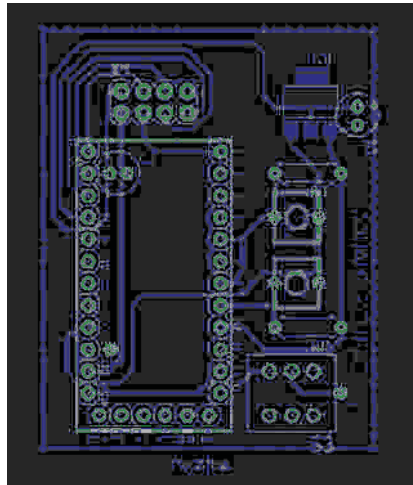
Ahora pasaremos a la descripción de los componentes de cada parte del sistema

#### 4.1.3. Diseño y Armado Del Equipo

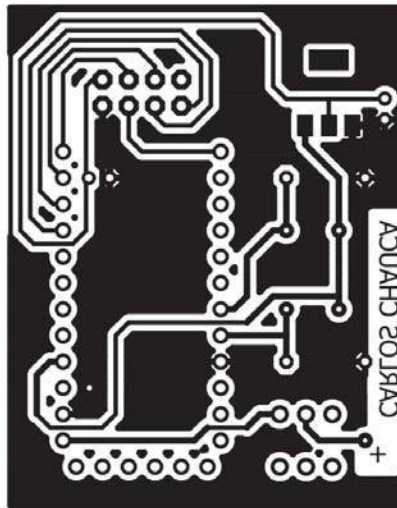
Pasaremos a revisar el armado de cada bloque que conforma el presente proyecto:

##### 4.1.3.1. Control Remoto

El diseño de la placa se realizó en el software *Eagle*, donde se dibujaron y editaron las pistas. Una vez terminadas, se exporta en pdf y así se obtiene la placa lista para imprimir.



*Figura 40: Pistas en PCB de Control Remoto*



*Figura 41: Pistas en formato pdf de Control Remoto.*

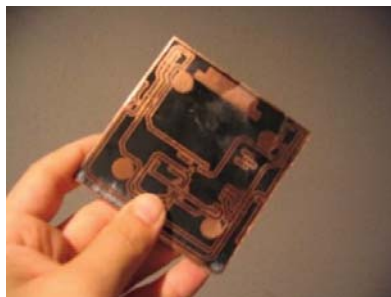
Una vez obtenida las pistas en papel couchet, se prosigue a calentar la zona contraria donde está la cara de la placa, sobre la superficie conductora. Una vez dejada por un tiempo de aproximadamente 15 minutos, se procede a remojar la placa con el papel en un recipiente con agua, así poco a poco levantar el papel mojado de las pistas, obteniendo así la pistas sobre la superficie conductora.



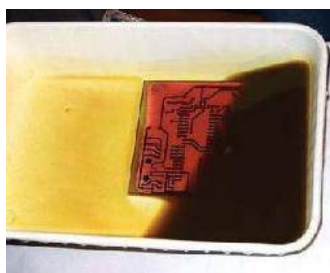
*Figura 42: Calentando con una plancha el papel couché sobre la placa de fibra  
(Imagen referencial)*



*Figura 43: Placa con papel remojándose en un recipiente con agua.  
(Imagen referencial)*



*Figura 44: Pistas ubicadas sobre la parte conductora de la placa  
(Imagen referencial)*



*Figura 45: Baño de ácido férrico a la placa.  
(Imagen referencial)*





*Figura 46: Pistas Impresas y elementos soldados.*

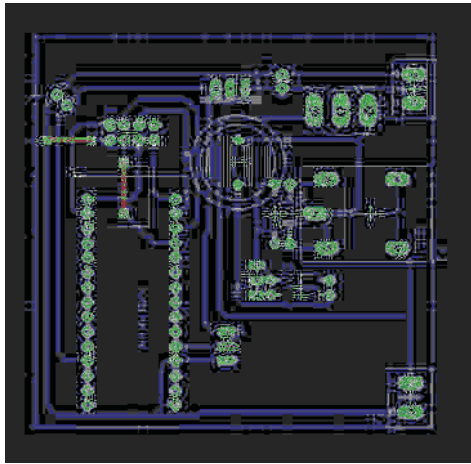
En la siguiente imagen podemos ver armado el control remoto y podemos distinguir la batería de 9 voltios la cual alimentará al circuito, el **arduino pro mini**, los pulsadores de control, de encendido, y el dispositivo nrf24l01 con su respectiva antena.



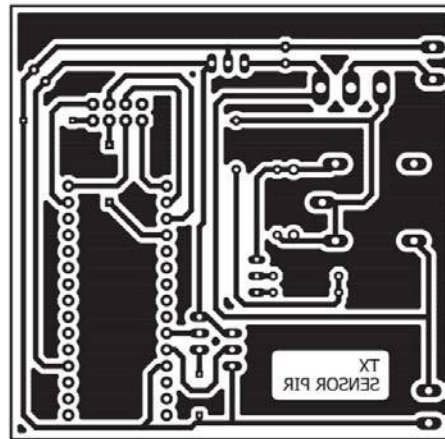
*Figura 47: Control remoto armado*

#### **4.1.3.2. Sensor PIR de Movimiento**

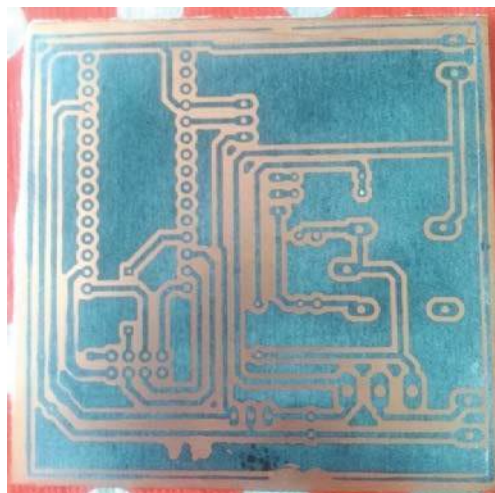
Para el diseño de la placa se siguen los mismos procedimientos que en el control remoto quedando el siguiente resultado:



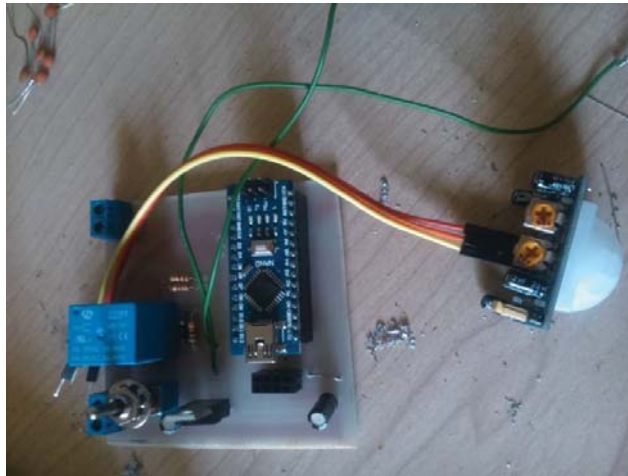
*Figura 48: Diseño de pistas en PCB del Sensor PIR*



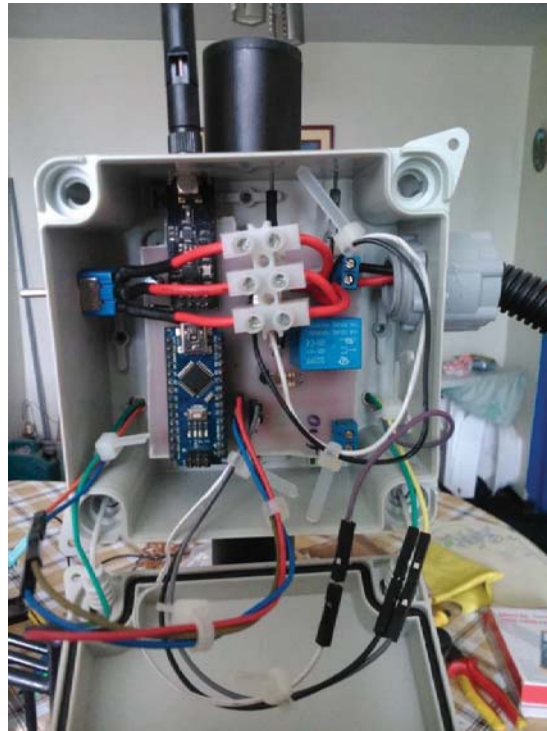
*Figura 49. Pistas En Formato pdf del Sensor PIR.*



*Figura 50: Pistas Impresas en Placa*



*Figura 51: Placa armada de Sensor PIR*



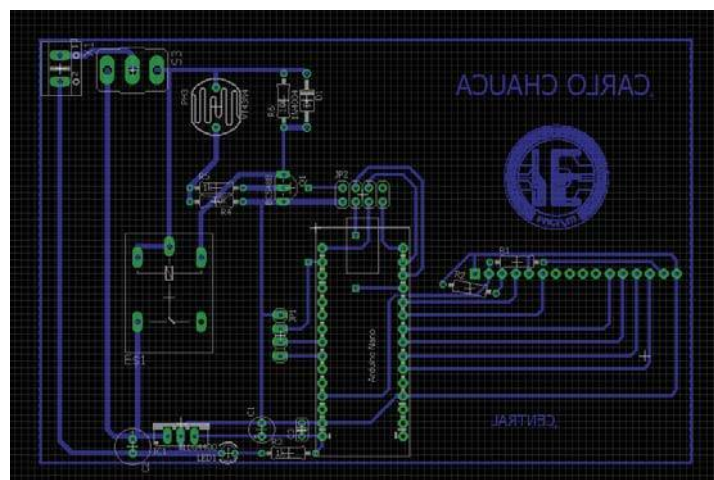
*Figura 52: Acondicionamiento de Placa Armada en Caja Protectora.*



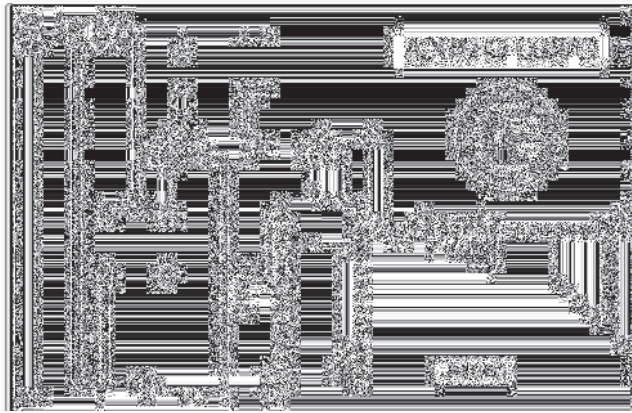
*Figura 53: Sensor PIR en Placa Protectora, con soporte y batería de alimentación.*

#### **4.1.3.3. Unidad Central**

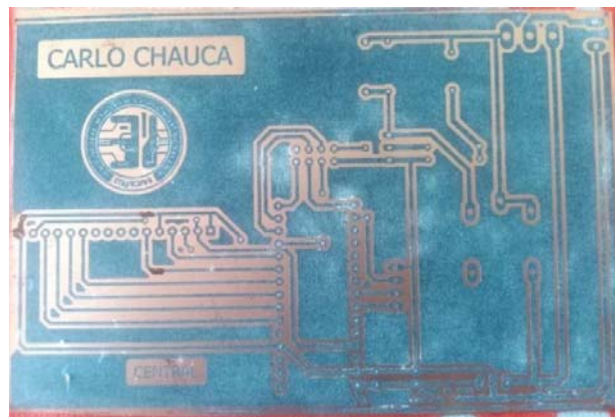
Para el diseño y armado de la siguiente placa se realizaron los procedimientos anteriormente ya mencionados, obteniendo los siguientes resultados:



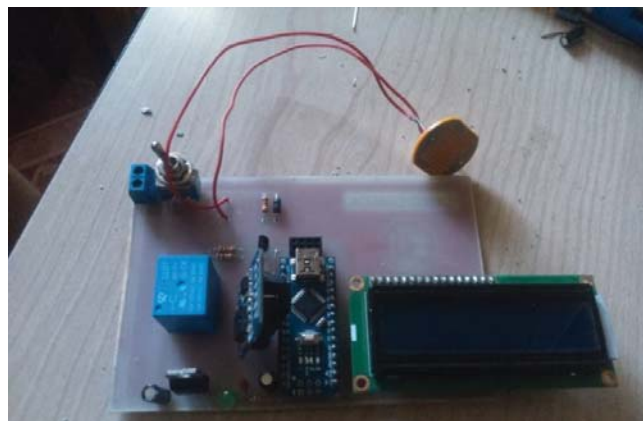
*Figura 54: Diseño de Pistas en PCB de Unidad Central*



*Figura 55: Pistas en formato PDF de la Unidad Central.*



*Figura 56: Pistas impresas en placa de Unidad Central.*



*Figura 57: Placa de unidad central armada*





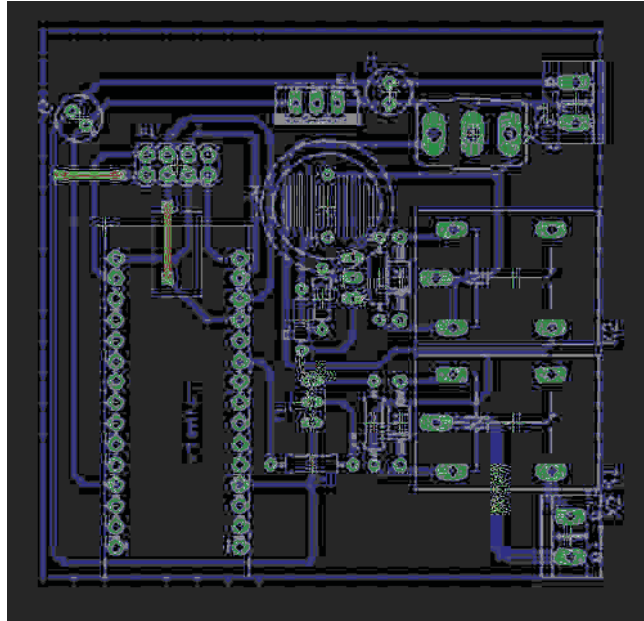
*Figura 58: Acondicionamiento de Placa en Caja protectora.*



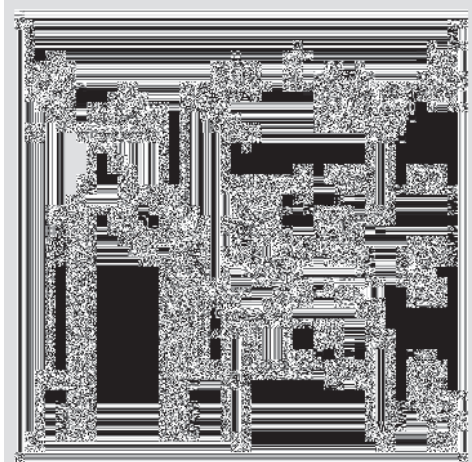
*Figura 59: Unidad Central en caja protectora, con su soporte y batería de alimentación.*

#### 4.1.3.4. Actuador

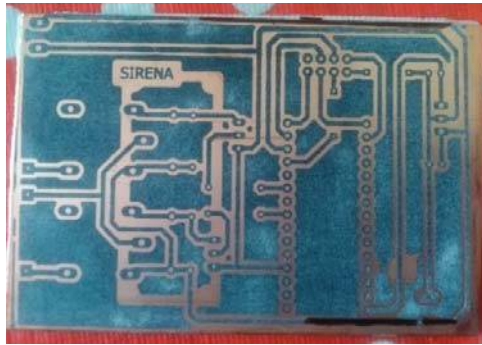
Para el diseño y armado de la siguiente placa se realizaron los procedimientos anteriormente ya mencionados, obteniendo los siguientes resultados:



*Figura 60: Diseño de pistas en PCB del actuador.*



*Figura 61: Pistas en formato pdf del Actuador.*



*Figura 62: Pistas impresas en placa.*



*Figura 63: Acondicionamiento de placa en Caja protectora.*





*Figura 64: Actuador en caja protectora, con su soporte, batería y alimentación y bocina de aire tipo corneta.*

El sistema completo se vería de la siguiente manera:



*Figura 65: Actuador (izquierda), Sensor PIR (Centro), Unidad Central (Derecha) y Control Remoto (Derecha sobre caja de batería)*

#### - Cable eléctrico

EL cable usado para la conexión de la Batería que alimenta las placas y la bocina de aire de 3 cornetas, es de número 12 AWG. Sus características las veremos en la siguiente tabla:

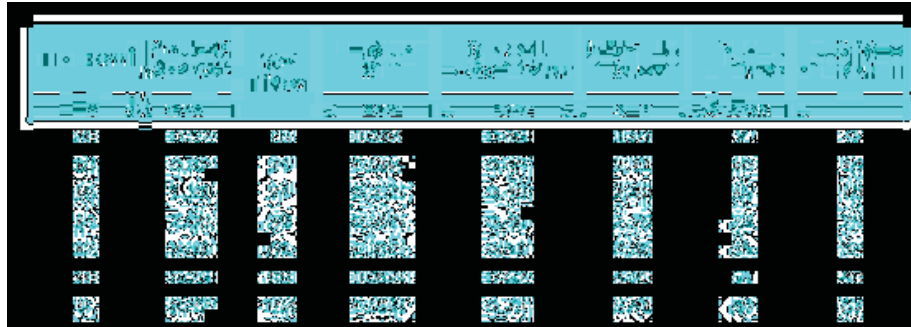


Tabla 12: Tabla de datos técnicos (INDECO, 2017).

## 4.2. SOFTWARE Y PROGRAMACIÓN UTILIZADOS

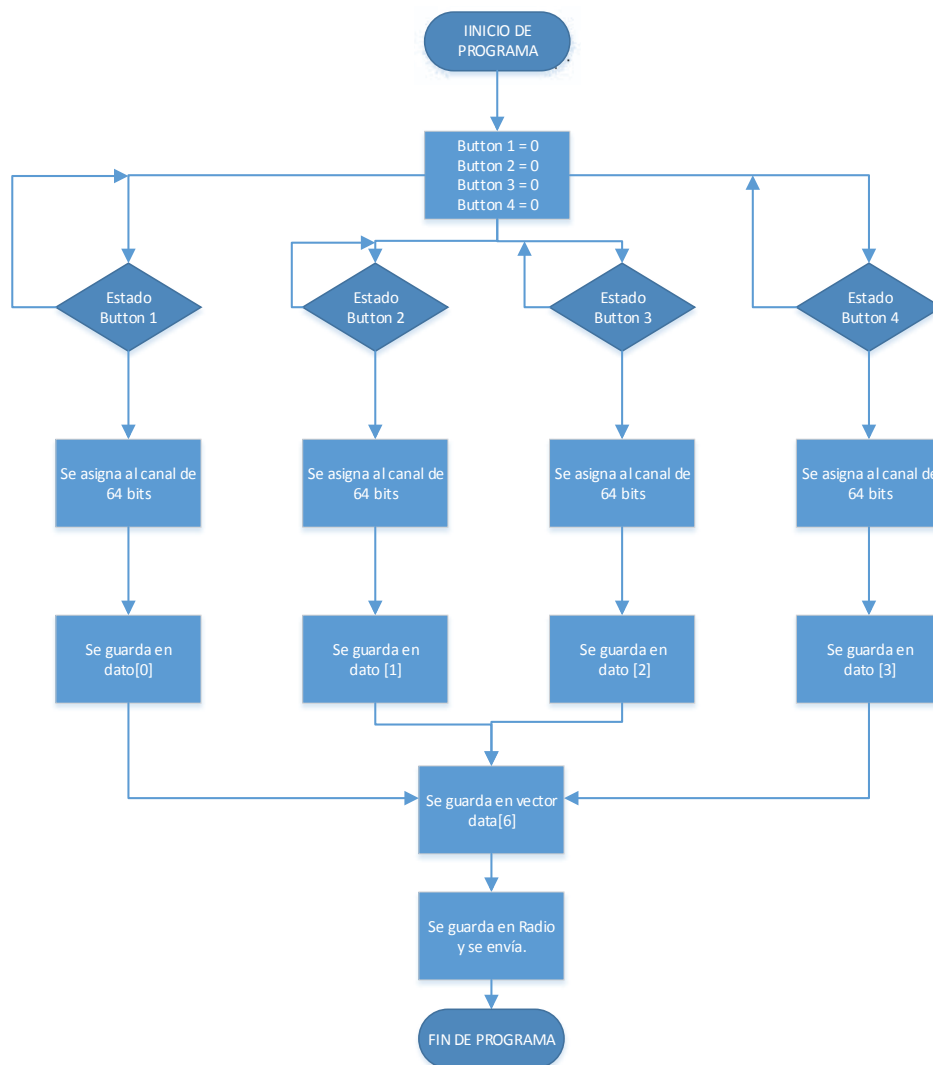
Para realizar la programación de cada uno de los bloques, se utilizó el software propio del arduino llamado ARDUINO GENUINO.

Este software consiste en un entorno de desarrollo IDE basado en el entorno Processing y lenguaje Wiring, así como en el cargador de arranque (bootloader), que es ejecutado en la placa. Para conectar con la computadora tiene un cable mini USB por donde se comunica.



Figura 66: Inicio del programa Arduino Genuino

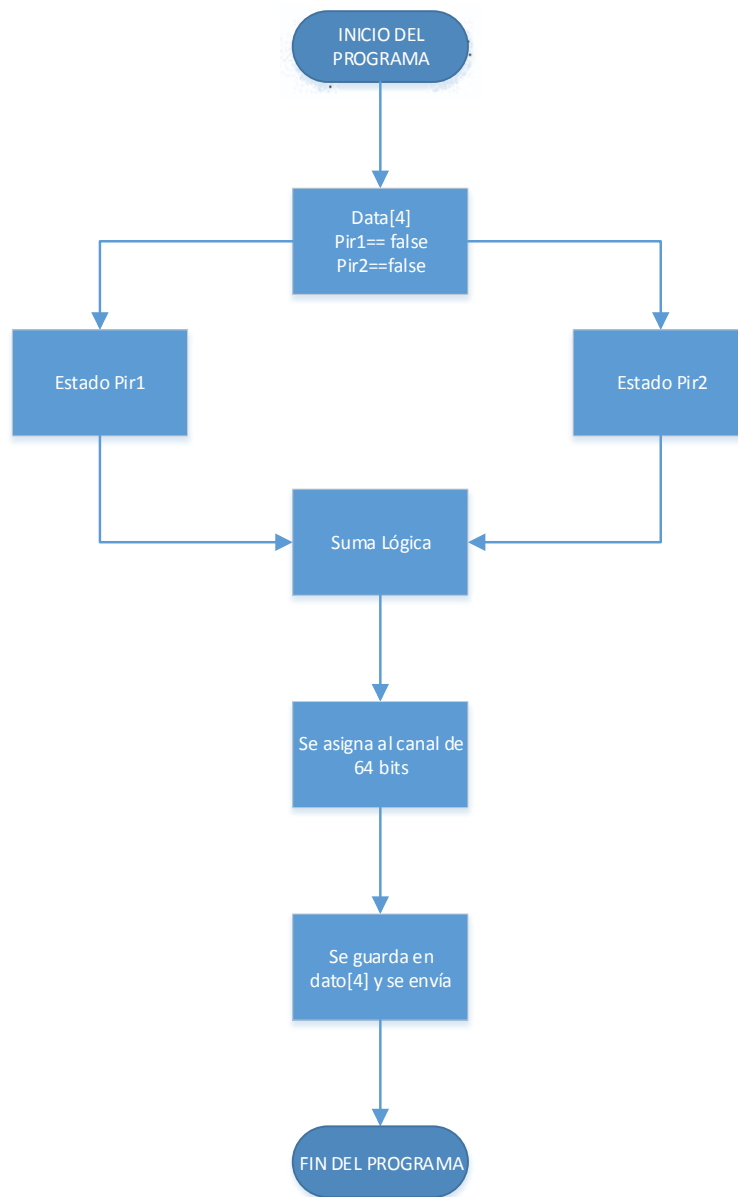




*Figura 69: Diagrama de flujo del programa control remoto*

#### 4.2.3.2. Sensor PIR

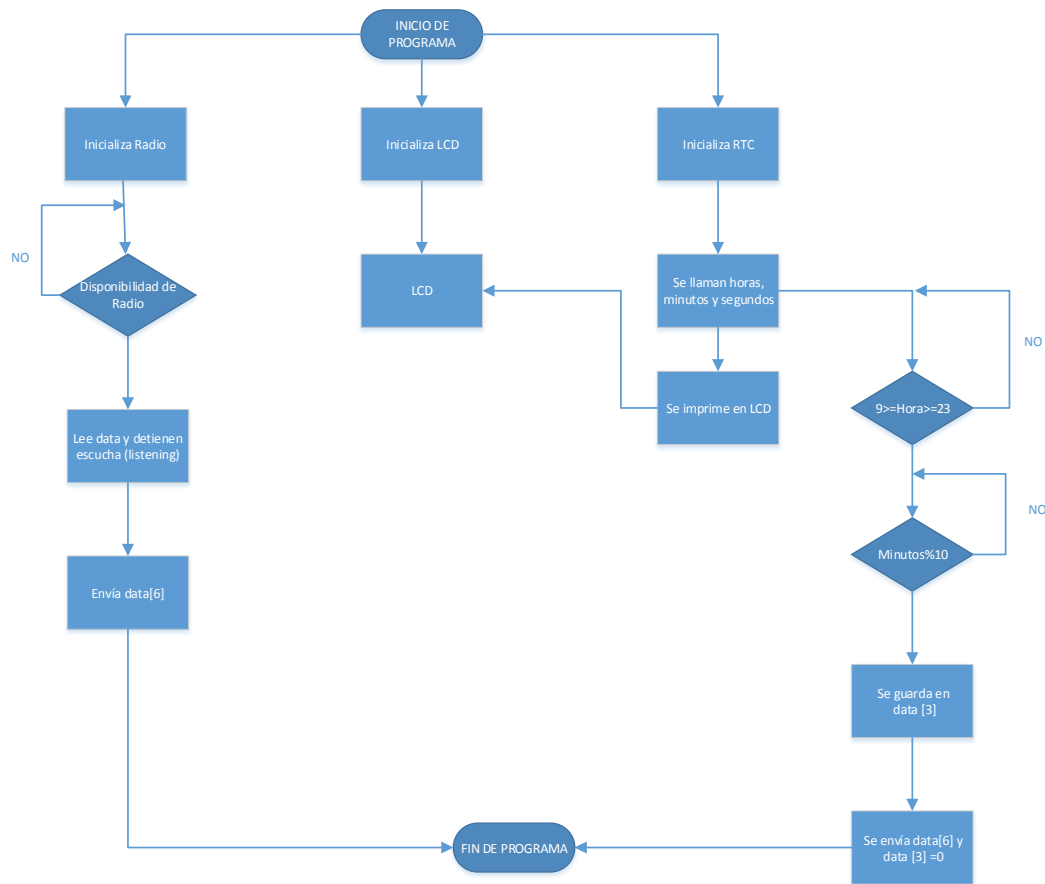
- El funcionamiento del programa es el siguiente:



*Figura 70: Diagrama de flujo del programa PIR*

#### **4.2.3.3. Programación de la Unidad Central**

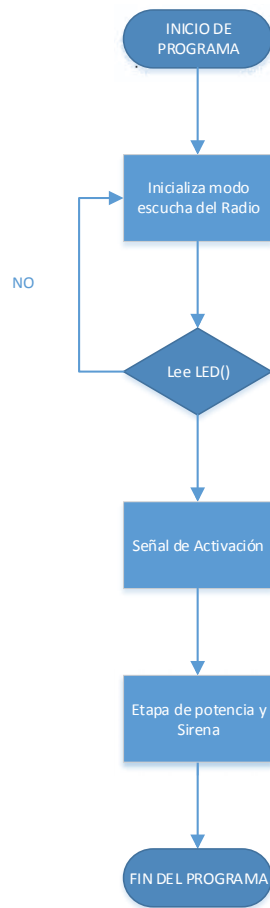
- El diagrama de flujo del programa es el siguiente.



*Figura 71: Diagrama de flujo del Programa de la Unidad Central*

#### 4.2.3.4. Programación del Actuador

- El diagrama de flujo del presente programa es el siguiente:



*Figura 72: Diagrama de flujo del programa Actuador*

### 4.3. Normas Técnicas

El presente proyecto usa el dispositivo nrf24l01, cuya frecuencia de funcionamiento es de 2.4 GHz... De acuerdo a sus características su banda de funcionamiento es libre, quiere decir que no necesita licencia para su funcionamiento.

De acuerdo al Texto Único Ordenado del Reglamento General de la Ley de Telecomunicaciones, Título I de la Clasificación General, en el artículo 28 de Bandas no Licenciadas, en el Inciso 4 indica: “Aquellos servicios cuyos equipos utilizando las bandas 902-928 MHz, 2400-2483.5 MHz, y 5725-5850 MHz transmiten con una potencia no superior a cuatro vatios (4W) o 36 dBm en antena (potencia efectiva irradiada), en espacio abierto.”

Esta Norma confirma que el equipo utilizado en el presente proyecto no necesita de una licencia para su funcionamiento.



#### 4.4. Lugar de Aplicación

El lugar de aplicación fue en la Hacienda Agroindustrial Vallesol SAC, ubicada en el caserío de Carniche Bajo, distrito de Llama, Provincia de Chota en la región de Cajamarca.



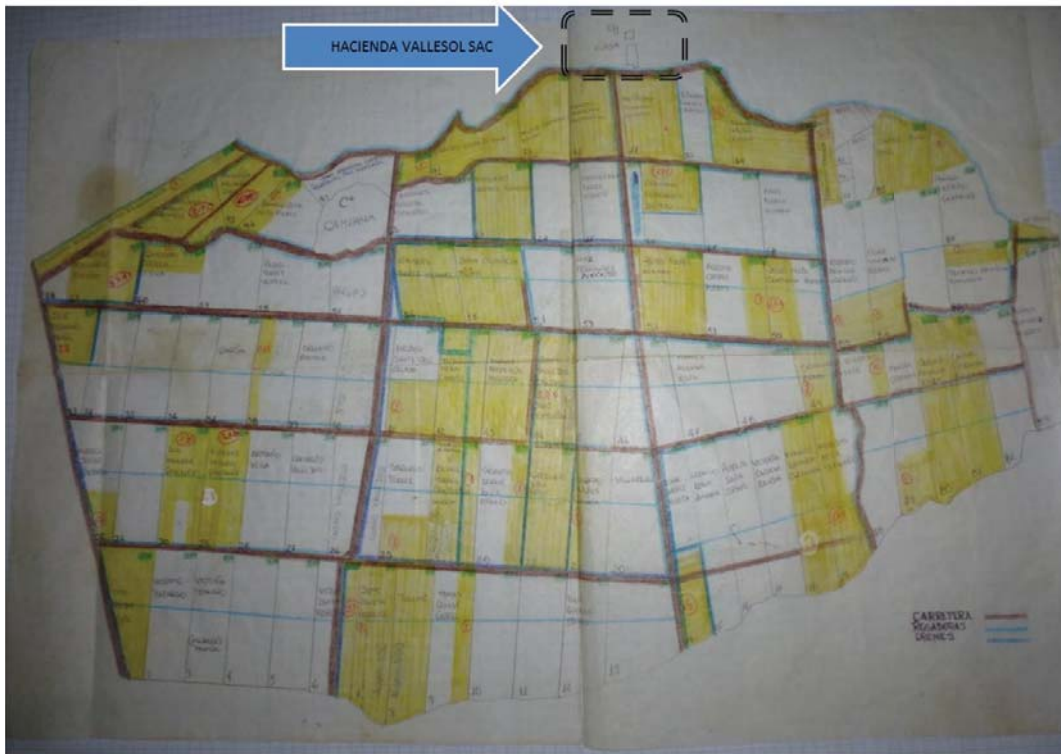
*Figura 73: Ubicación de caserío de Carniche Bajo(Google Maps)*

Esta empresa tiene a su haber 120 Has de cultivos de las cuales predomina el Arroz, teniendo otros cultivos por ejemplo maíz, paltas y otros arboles frutales. Su extensión de terreno está ubicado frente a la Casa Hacienda donde opera esta empresa.



*Figura 74: Terrenos de cultivo ubicados frente a la Casa Hacienda*





*Figura 75: Cartografía de los terrenos pertenecientes a la empresa (Color Amarillo)*

Esta empresa tiene dos campañas de siembra y cosecha en cada una, estas son durante los siguientes periodos:

1ra Campaña: Diciembre – Marzo

2da Campaña: Julio – Octubre

En cada campaña se realiza la siembra y cosecha del Arroz, obteniendo pérdidas aproximadamente por cada 2 campañas alrededor de S/300000.00 debido a la presencia de las aves durante los periodos.

Las Aves que ocasionan daño son varios, entre las principales tenemos:

Garza Blanca (*Ardea alba*)

Arroceros (*Spiza americana*)

Palomas (*Columba livia*)



*Figura 76: Periodo de Siembra*



*Figura 77: Periodo de Cosecha*



*Figura 78: Columba livia*



*Figura 79: Spiza americana*



*Figura 80: Ardea alba*



#### 4.5. Aplicación del Proyecto

Primeramente, se realizó una prueba previa, dentro de la casa hacienda, donde el objetivo sería ahuyentar a las palomas que estén cerca al dispositivo de sonido teniendo lo siguientes resultados:



*Figura 81: Foto tomada del video obtenido*

- Ver Video de Prueba 01
- En el video se puede observar como al activarse el sistema de audio las palomas, son ahuyentadas, no volviendo a la zona hasta el día siguiente. Luego de la prueba previa realizada de manera exitosa, se procedió a realizar la prueba en campo, directamente a las garzas, por la cual se revisó la zona de campos de cultivo, pues estas aves son nómadas al ir de parcela en parcela buscando en este periodo de cosecha su alimento que suelen ser los grillos, gusanos y demás insectos.



*Figura 82: Zona con presencia de Garzas.*

Una vez encontrada la zona donde hay gran presencia de Aves se procedió a armar el sistema en el campo.



*Figura 83: Ubicación del Actuador a unos 30 metros de distancia de las garzas*





*Figura 84: Ubicación de la Unidad Central a unos 50 metros del actuador*



*Figura 85: Ubicación del sensor de movimiento*



*Figura 86: Control remoto preparado para activar el actuador.*

Una vez ubicado el sistema en campo se procedió al funcionamiento del sistema, obteniendo los siguientes resultados:

- Ver Video de Prueba 02
- Como puede apreciarse en el video, el sonido logró ahuyentar a la bandada de garzas ubicadas frente al actuador, estas garzas se esparcieron alejándose de la parcela.

## CONCLUSIONES

- El uso del dispositivo transceiver NRF24L01 para el enlace inalámbrico, del ARDUINO NANO como elemento de procesamiento y de un dispositivo estruendoso como la BOCINA DE AIRE TIPO CORNETA, contribuyeron para el diseño, armado y uso de un equipo inalámbrico.
- El uso de batería recargables y un cargador de batería, permitieron una autonomía en la fuente de energía para el equipo, evitando así el uso de largos cables eléctricos que se requeriría si se usara 220 VAC.
- El uso del control remoto permite al usuario controlar el equipo hasta un radio de 1 Km, siendo portable y fácil de usar; el sensor de movimiento infrarrojo permite usar el equipo durante periodo de ausencia de trabajadores y usuario y el temporizador cubre los momentos en determinadas horas donde el usuario o trabajadores no estén, activándose entre las horas picos de presencia de las aves. Todo esto permite un trabajo completo a la hora de ahuyentar a las aves de los campos de cultivo.



## RECOMENDACIONES

- Realizar las pruebas de funcionamiento en días de siembra y cosecha para poder encontrar las aves.
- Soldar directamente los pines del nrf24l01 a la placa para evitar desconexiones que impidan el correcto funcionamiento del bloque o usar cables de conexión macho – hembra para conectar el Transceiver NRF24L01 con la placa (teniendo esta headers hembra).
- Revisar de manera minuciosa las pistas impresas en la placa, para evitar futuros cortos o errores en el funcionamiento.
- Conseguir soportes graduables, así colocar en una altura adecuada para la realización de las pruebas.
- Realizar la independización de alimentación en el actuador, colocando una batería para la parte de control y otra para el funcionamiento de la bocina.
- Se sugiere que para una mejor autonomía de la batería que activa la bocina, se instale un panel solar, que permita recargar la misma.
- Se sugiere instalar un techo o una estructura que permita la protección de lluvia.

## INDICE DE FIGURAS

- Figura 1: Diagrama de Sistema de Comunicaciones.
- Figura 2: Espectro Electromagnético de Frecuencias.
- Figura 3: Comunicación Simplex (Sx).
- Figura 4: Comunicación Semi Dúplex.
- Figura 5: Comunicación Dúplex.
- Figura 6: Comunicación Dúplex Total/ General.
- Figura 7: Comunicación Inalámbrica Entre Dispositivos.
- Figura 8: Antena Omnidireccional.
- Figura 9: Tipos de antenas según bandas de frecuencia y tamaño eléctrico de las mismas.
- Figura 10: Control Lazo Abierto.
- Figura 11: Control de Lazo Cerrado.
- Figura 12: Diagrama de sistema de control retroalimentado.
- Figura 13: Sistema Retroalimentado con Perturbación.
- Figura 14: Sistema pre alimentado.
- Figura 15: Diagrama de control feedback – feedforward.
- Figura 16: Bloques de Pulsador.
- Figura 17: Pulsador.
- Figura 18: Bloque Arduino.
- Figura 19: Arduino Nano.
- Figura 20: Pines del Arduino Nano.
- Figura 21: Transceptor NRF24L01.

- Figura 22: Diagrama de Bloques del NRF24L01.
- Figura 23: Numeración y Nomenclatura de los pines del NRF24L01.
- Figura 24: Antena SMA.
- Figura 25: Conector SMA Macho y Hembra.
- Figura 26: Sensor PIR HC-SR501.
- Figura 27: Diseño electrónico del PIR HC-SR501.
- Figura 28: Módulo DS3231.
- Figura 29: Pantalla LCD 2 x 16.
- Figura 30: Diagrama de Pines del regulador 7805.
- Figura 31: Relay de 12v.
- Figura 32: Foto resistencia LDR.
- Figura 33: Pines del transistor bc548.
- Figura 34: Bocina de 3 cornetas con compresora de aire.
- Figura 35: Diagrama de Bloques General de Funcionamiento.
- Figura 36: Diagrama de Funcionamiento del Control Remoto.
- Figura 37: Diagrama de Funcionamiento del Sensor PIR.
- Figura 38: Diagrama de funcionamiento de la Unidad Central.
- Figura 39: Diagrama de funcionamiento del Actuador.
- Figura 40: Pistas en PCB de Control Remoto.
- Figura 41: Pistas en formato pdf de Control Remoto.
- Figura 42: Calentando con una plancha el papel couché sobre la placa de fibra  
(Imagen referencial).
- Figura 43: Placa con papel remoándose en un recipiente con agua.

(Imagen referencial).

Figura 44: Pistas ubicadas sobre la parte conductora de la placa

(Imagen referencial).

Figura 45: Baño de ácido férrico a la placa.

(Imagen referencial).

Figura 46: Pistas Impresas y elementos soldados.

Figura 47: Control remoto armado.

Figura 48: Diseño de pistas en PCB del Sensor PIR.

Figura 49: Pistas en formato pdf del Sensor PIR.

Figura 50: Pistas Impresas en Placa.

Figura 51: Placa armada de Sensor PIR.

Figura 52: Acondicionamiento de Placa Armada en Caja Protectora.

Figura 53: Sensor PIR en Placa Protectora, con soporte y batería de alimentación.

Figura 54: Diseño de Pistas en PCB de Unidad Central.

Figura 55: Pistas en formato PDF de la Unidad Central.

Figura 56: Pistas impresas en placa de Unidad Central.

Figura 57: Placa armada de Unidad Central.

Figura 58: Acondicionamiento de Placa en Caja protectora.

Figura 59: Unidad Central en caja protectora, con su soporte y batería de alimentación.

Figura 60: Diseño de pistas en PCB del actuador.

Figura 61: Pistas en formato PDF del Actuador.

Figura 62: Pistas impresas en placa del Actuador.

- Figura 63: Acondicionamiento de placa en caja protectora.
- Figura 64: Actuador en caja protectora, con su soporte, batería y alimentación y bocina de aire tipo corneta.
- Figura 65: Actuador (izquierda), Sensor PIR (Centro), Unidad Central (Derecha) y Control Remoto (Derecha sobre caja de batería).
- Figura 66: Inicio del programa Arduino Genuino.
- Figura 67: Entorno de trabajo del Software Arduino Genuino.
- Figura 68: Arduino Nano con Cable Mini USB.
- Figura 69: Diagrama de flujo del programa control remoto.
- Figura 70: Diagrama de flujo del programa PIR.
- Figura 71: Diagrama de flujo del Programa de la Unidad Central.
- Figura 72: Diagrama de flujo del programa Actuador.
- Figura 73: Ubicación de caserío de Carniche Bajo.
- Figura 74: Terrenos de cultivo ubicados frente a la Casa Hacienda.
- Figura 75: Cartografía de los terrenos pertenecientes a la empresa (Color Amarillo).
- Figura 76: Periodo de Siembra.
- Figura 77: Periodo de Cosecha.
- Figura 78: Columba livia.
- Figura 79: Spiza americana.
- Figura 80: Ardea alba.
- Figura 81: Foto tomada del video obtenido.
- Figura 82: Zona con presencia de Garzas.
- Figura 83: Ubicación del Actuador a unos 30 metros de distancia de las garzas.
- Figura 84: Ubicación de la Unidad Central a unos 50 metros del actuador.

Figura 85: Ubicación del sensor de movimiento.

Figura 86: Control remoto preparado para activar el actuador.

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1:	Cuadro de Modulaciones.
Tabla 2:	Tabla de Bandas de Frecuencia.
Tabla 3:	Cuadro de Pines del Arduino Nano.
Tabla 4:	Función de los pines del NRF24L01.
Tabla 5:	Cuadro de Especificaciones de la Antena.
Tabla 6:	Tabla de voltajes de salida del regulador 7133-1.
Tabla 7:	Características del BISS0001.
Tabla 8:	Tabla de valores eléctricos del BISS0001.
Tabla 9:	Tabla de Pines del LCD.
Tabla 10:	Tabla de Especificaciones DE BC548.
Tabla 11:	Tabla de Valores dBm y mW.
Tabla 12:	Tabla de datos técnicos.

# ANEXOS



# ANEXO 01

## Programa del Control Remoto

- El programa usado en el control remoto es el siguiente:

```
-----  
  
#include <SPI.h>                // Inicializa librería SPI  
  
#include <nRF24L01.h>            //Inicializa librería nRF24L01  
  
#include <RF24.h>                // Inicializa librería nRF24L01  
  
#define CE 9                    //Asigna Pin 9 del arduino al pin CE del NRF24L01  
  
#define CSN 10                  // Asigna Pin 10 del arduino al pin CSN del NRF24L01  
  
int button1=2;                  //Se asigna el pin 2 al button 1  
  
int button2=3;                  //Se asigna el pin 3 al button 2  
  
int button3=4;                  //Se asigna el pin 4 al button 3  
  
int button4=5;                  //Se asigna el pin 5 al button 4  
  
const uint64_t pipe = 0xE8E8F0F0E1LL; // Se asigna un canal de 64 bits  
  
RF24 radio(CE,CSN); //Configuramos la radio nrf24l01 en el bus SPI mas los  
                           pines CE y CSN  
  
int data[6]={0,0,0,0,0,0}; // Contiene data[0],data[1],data[2],data[3],data[4],data[5]  
  
void setup()                    //Programa principal  
{  
  
    radio.begin();              //Inicializa radio  
  
    radio.openWritingPipe(pipe); //Escribe el dato  
  
    pinMode(button1, INPUT_PULLUP); //Habilitar entrada pull up  
  
    pinMode(button2, INPUT_PULLUP);  
  
    pinMode(button3, INPUT_PULLUP);  
  
    pinMode(button4, INPUT_PULLUP);  
  
    radio.write( data, sizeof(data) ); // Se envía el dato
```

```

}

void loop()                                //Inicia Bucle

{

    data[0] = !digitalRead(button1);    // lee el dato en 0 – on/ off

    delay(50);

    data[1] = !digitalRead(button2);    // lee el dato en 0 - tiempo de 3 segundos

    delay(50);

    data[2] = !digitalRead(button3);    // lee el dato en 0 - temporizador

    delay(50);

    data[3] = !digitalRead(button4);    // lee el dato en 0 – sensor PIR

    delay(50);

    radio.write( data, sizeof(data) );    //envia dato

}

```

---

# ANEXO 02

## Programa del Sensor PIR

➤ La programación es el siguiente:

```
-----
#include <SPI.h>                // Inicializa librería SPI
#include <nRF24L01.h>            //Inicializa librería nRF24L01
#include <RF24.h>                // Inicializa librería nRF24L01
#define CE 9                    //Asigna Pin 9 del arduino al pin CE del NRF24L01
#define CSN 10                  // Asigna Pin 10 del arduino al pin CSN del NRF24L01
const uint64_t pipe = 0xE8E8F0F0E1LL; //Se asigna una palabra de 64 bits
RF24 radio(CE, CSN);           //Configuramos la radio nrf24l01 en el bus SPI mas los
                                //pines CE y CSN

int data[6] = {0,0,0,0,0,0};   //Se declara data[6]
boolean pir1=false;            //Se declara variable booleana pir1 en estado 0
boolean pir2=false;            //Se declara variable booleana pir2 en estado 0
boolean PIR=false;             //Se declara variable booleana PIR en estado 0

void setup()                    //Inicializa programa principal
{
  radio.begin();                //Inicializa radio
  radio.openWritingPipe(pipe);  //Escribe el dato
  pinMode(2, INPUT);            //Pin 2 del arduino en modo entrada
  pinMode(3, INPUT);            //Pin 3 del arduino en modo entrada
  data[3]=0;                    //Se deja en 0 la data[3]
  radio.write( data, sizeof(data) ); //Se escribe el dato y el tamaño del dato a enviar.
}                                //Fin del programa principal

void loop()                     //Inicio del Bucle
{
  pir1=digitalRead(2);          //pir1 leerá al pin 2 del arduino
  delay(100);                    //Retardo de 100us
  pir2=digitalRead(3);          //pir2 leerá al pin 3 del arduino
  PIR=pir1|pir2;                //Suma lógica de pir1 y pir2 y el valor se le asignará a
                                //la variable PIR

  if(PIR==true)                 //Condicional if ,si PIR es True
  {
    data[4]=1;                  //Se le asignará a data[3] el valor 1.
    radio.write( data, sizeof(data) ); //Data[3] se envía a la Unidad Central
  }                              //Fin de la condicional if

  else if(PIR==false)           //Inicio de condicional else e if, si PIR es False
```

```
{  
    data[4]=0;                //Se le asigna data[3] el valor de 0  
    radio.write( data, sizeof(data) );    //Data[3] se envía a la Unidad Central  
}  
                                //Fin del condicional else  
}  
                                //Fin del menú bucle.  
}
```

---

# ANEXO 03

## Programa de Unidad Central

➤ La programación de este bloque es el siguiente:

```
#include <SPI.h>           // Inicializa librería SPI
#include <LiquidCrystal.h> // Declara pantalla LCD
#include <nRF24L01.h>       // Declara librería nRF24L01
#include <RF24.h>           // Declara librería nRF24L01
#include <Wire.h>           // Declara comunicación entre dos dispositivos.
#include "Sodaq_DS3231.h"  // Declara reloj en tiempo real RTC (Real Time Clock)
#define CE 9               // Asigna Pin 9 del arduino al pin CE del NRF24L01
#define CSN 10             // Asigna Pin 10 del arduino al pin CSN del NRF24L01
const uint64_t pipe[] = {0xE8E8F0F0E1LL,0xF0F0F0F0D2LL}; // Se asigna dos palabras de
64 bits

                                como canales
RF24 radio(CE, CSN); // Configuramos la radio nrf24l01 en el bus SPI mas los pines CE y
CSN
int data[6]={0,0,0,0,0,0}; // Se declara como entero vector data[6]
LiquidCrystal lcd(8, 7, 6, 5, 4, 3); // Se asigna pines 3-8 del arduino al LCD.
void setup() {               // Inicia menú configuración
Wire.begin();               // Inicializa comunicación entre los dispositivos
rtc.begin();                // Inicializa reloj
radio.begin();              // Inicializa radio
radio.openWritingPipe(pipe[1]); // Se habilita canal de escritura
radio.openReadingPipe(1,pipe[0]); // Se habilita canal de lectura (escucha)
radio.setRetries (15,5);
lcd.begin(16,2);            // Inicializa filas y columnas del LCD
}                            // Fin de menú configuración
void loop() {               // Inicio bucle
  printTime();              // Se imprime el tiempo en LCD
  radio.startListening();    // Se habilita el escucha (recepción) de datos
  while(radio.available()){ // Condicional mientras radio este activo
    radio.read( data , sizeof(data) ); // Se leerán todos los datos escuchados (recepcionados)
    if (data[2]==1)         // Condicional del valor de data[2]=1
    {
      cont ++;              // Contador aumenta en 1
    }
    else if (cont==2)       // SI entero de contador temporizado = 2
```



```

{
Cont=0;                                //Variable Cont = 0;
}
If (data[3]==1)                         //Condicional si data[3]=1
{
contP++;                               //Contador P aumenta en 1
}
If(contP==1)                            //si entero Contador temporizador = 1
{
data[4]=0;                             //habilitación del Pir = 0
}
If(contP==2)                            //si variable contador del PIR = 2
{
contP=0;                               //Contador del data [3]PIR = 0
}
Delay(20);
radio.stopListening();                  //Se detiene el escucha (recepción)
  radio.write(data,sizeof(data)) ;      //Se envían los datos al actuador
}                                       //Fin del bucle
void printTime(){                       //Inicia menú imprimir tiempo
  DateTime now = rtc.now();             // Se llama a la fecha actual
  lcd.setCursor(4,0);                  // Ubicación del inicio de impresión
  if (now.hour()<10){                  //Condicional si la hora es menor a 10
    lcd.print("0");                    //Imprime "0" en lcd
  }                                     //Fin del condicional
  lcd.print(now.hour());                // Imprime la hora real
  lcd.print(':');                       //Imprime en LCD
  if (now.minute()<10){                //Condicional "if", si minutos es menor a 10
    lcd.print("0");                    //LCD imprime "0"
  }                                     //Fin del condicional
  lcd.print(now.minute());              //Imprime los minutos en tiempo real
  lcd.print(':');                       //Imprime en LCD
  if (now.second()<10){                //Condicional "if", si segundos es menor a 10
    lcd.print("0");                    //Imprime LCD
  }                                     //Fin condicional
  lcd.print(now.second());              //Se imprime segundos en tiempo real
  lcd.setCursor(1,1);                  // Ubicación en pantalla LCD de impresión

```

```
lcd.print("Vallesol S.A.C ");    // Imprime frase  
delay(10);                      //Retardo 10 us  
}                                //Fin de menú imprimir tiempo.
```

# ANEXO 04

## Programa del Actuador

➤ La programación de este bloque es el siguiente:

```
#include <SPI.h>                                //Se llama a comunicación serial
#include <nRF24L01.h>                            //Se llama la librería del nrf24l01
#include <RF24.h>                                //Se llama la librería del nrf24l01
#define CE 9                                    //Se define el pin 9 del arduino al pin CE
#define CSN 10                                  //Se define el pin 10 del arduino al pin
CSN
const uint64_t pipe = 0xF0F0F0F0D2LL;          //Se define canal de 64 bit
RF24 radio(CE, CSN); //Configuramos la radio nrf24l01 en el bus SPI mas los pines CE y
CSN
int data[6]={0,0,0,0,0,0};                     //Se declara entero vector data[4]
void setup() {                                 //Inicia menú de configuración
  pinMode(7,OUTPUT);                           //Se asigna pin 7 como salida
  digitalWrite(7,LOW);                         //Se deja en estado LOW el in 7
  radio.begin();                               //Inicia Radio
  radio.openReadingPipe(1,pipe);               //Se abre canal para escuchar
  radio.startListening();                     //Empieza escucha del radio
}                                              //Fin del menú configuración
void loop() {                                 //Inicio de bucle
  if (radio.available()){                     //Condicional
    radio.read( data , sizeof(data) );        //Se lee los datos recibidos
    LED(data[0],data[1],data[2],data[3]);     //Vector que contiene valores de emisores
  }                                           //Fin de condicional
}                                           //Fin de configuración
void LED(int dat0, int dat1, int dat2, int dat3) { //Inicio menú LED
  if(dat0==0 && dat1==0 && dat2==0 && dat3==0 ){//Condicional si dato = 0
    digitalWrite(7,LOW);}                   //Queda en estado LOW el pin 7
  if(dat0==1){                             //Condicional si dato[0]=1
    digitalWrite(7,HIGH);}                 //Queda en estado HIGH el pin 7
  if(dat1==1){                             //Condicional si dato[1]y dato[3]=1
    digitalWrite(7,HIGH);                 //Queda en estado HIGH el pin 7
    delay(2500);                          //Retardo de 2500us
    digitalWrite(7,LOW);}
                                           //Queda en estado LOW el pin 7, fin condicional
  if(dat2==1 ){                           //Condicional si dato[2] = 1
```

```
digitalWrite(7,HIGH);  
delay(2500);  
digitalWrite(7,LOW);  
}                                     //Queda en estado LOW el pin 7, fin de condicional  
}                                     //Fin menú LED
```

# ANEXO 05

---

## 2.4 GHz – 2.5 GHz Dipole 2dBi Antenna for Reverse Polarity SMA

---



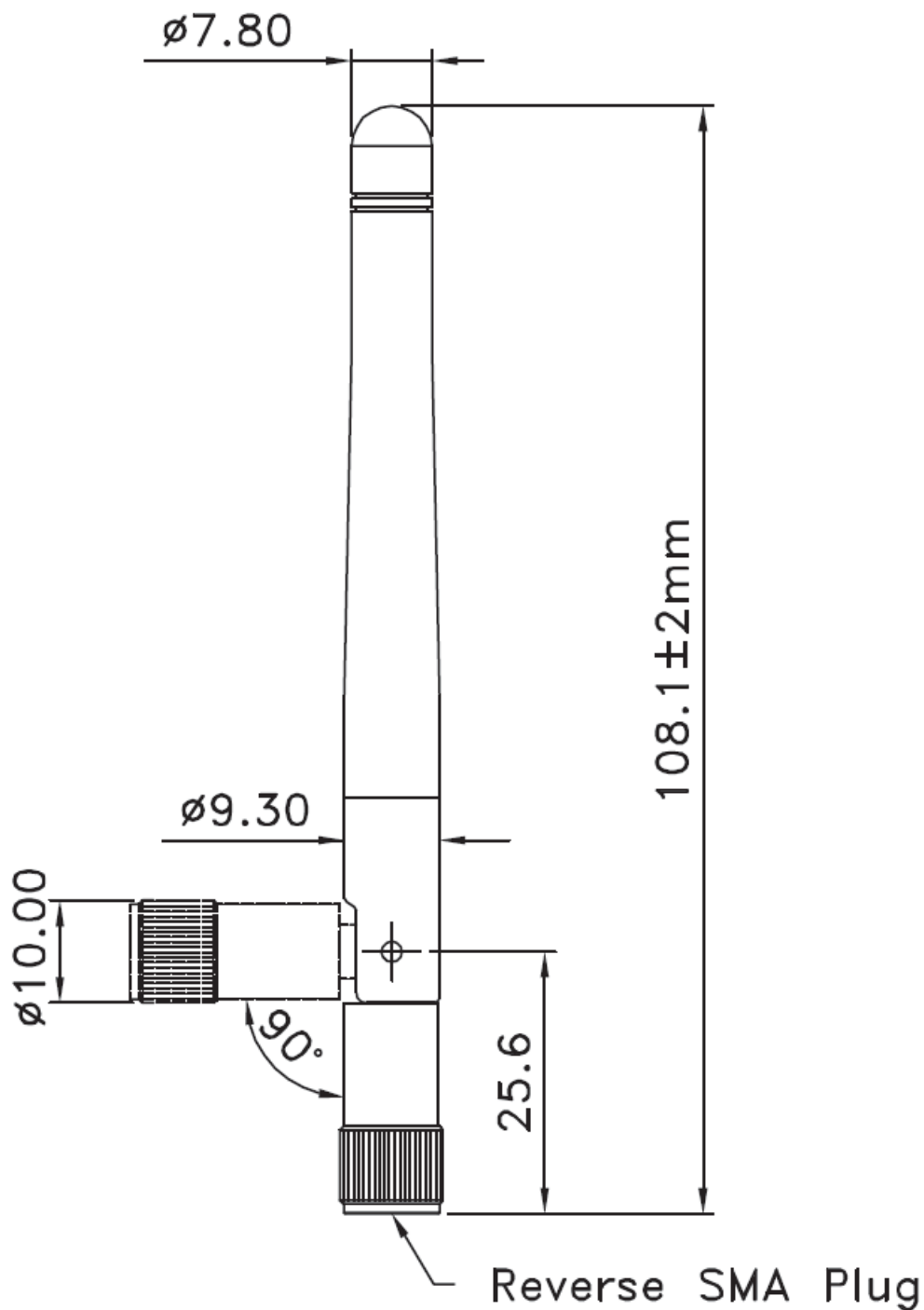
### ORDERING INFORMATION

Order Number	Description
001-0001	2.4 GHz dipole antenna for reverse polarity SMA connector.

### SPECIFICATIONS

Specification	Value
Gain	+2 dBi
Impedance	50 ohms
Type	Dipole
Polarization	Linear Vertical
VSWR	$\leq 2.5 : 1$
Frequency	~2400-2500MHz
Weight	13g
Size	105×10 mm
Antenna Color	Black

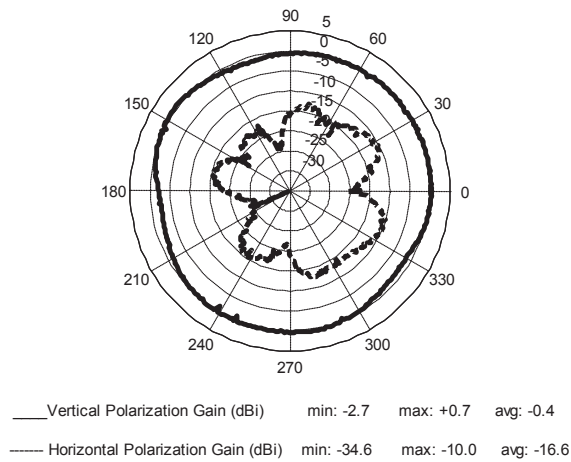
**PHYSICAL DIMENSIONS (MM)**



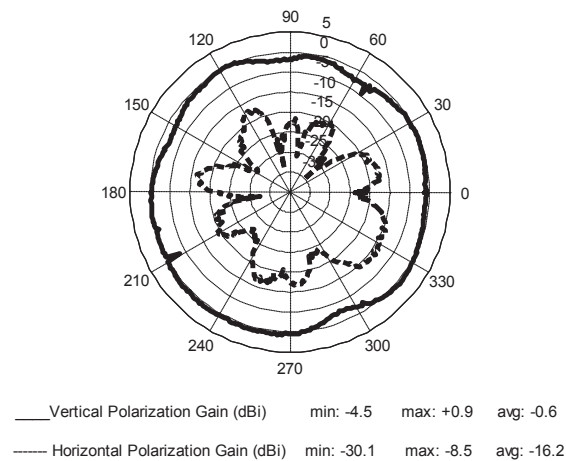
The information in this document is subject to change without notice.  
Confirm the data is current by downloading the latest revision from [www.lsr.com](http://www.lsr.com).



## ANTENNA MEASUREMENTS



**Figure 1 Extended Position, Vertical**



**Figure 2 Folded Position, Vertical**

---

**CONTACTING LS RESEARCH**

<b>Headquarters</b>	LS Research, LLC W66 N220 Commerce Court Cedarburg, WI 53012-2636 USA Tel: 1(262) 375-4400 Fax: 1(262) 375-4248
<b>Website</b>	<a href="http://www.lsr.com">www.lsr.com</a>
<b>Technical Support</b>	<a href="mailto:support@lsr.com">support@lsr.com</a>
<b>Sales Contact</b>	<a href="mailto:sales@lsr.com">sales@lsr.com</a>

The information in this document is provided in connection with LS Research (hereafter referred to as “LSR”) products. No license, express or implied, by estoppel or otherwise, to any intellectual property right is granted by this document or in connection with the sale of LSR products. EXCEPT AS SET FORTH IN LSR’S TERMS AND CONDITIONS OF SALE LOCATED ON LSR’S WEB SITE, LSR ASSUMES NO LIABILITY WHATSOEVER AND DISCLAIMS ANY EXPRESS, IMPLIED OR STATUTORY WARRANTY RELATING TO ITS PRODUCTS INCLUDING, BUT NOT LIMITED TO, THE IMPLIED WARRANTY OF MERCHANTABILITY, FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE, OR NON-INFRINGEMENT. IN NO EVENT SHALL LSR BE LIABLE FOR ANY DIRECT, INDIRECT, CONSEQUENTIAL, PUNITIVE, SPECIAL OR INCIDENTAL DAMAGES (INCLUDING, WITHOUT LIMITATION, DAMAGES FOR LOSS OF PROFITS, BUSINESS INTERRUPTION, OR LOSS OF INFORMATION) ARISING OUT OF THE USE OR INABILITY TO USE THIS DOCUMENT, EVEN IF LSR HAS BEEN ADVISED OF THE POSSIBILITY OF SUCH DAMAGES. LSR makes no representations or warranties with respect to the accuracy or completeness of the contents of this document and reserves the right to make changes to specifications and product descriptions at any time without notice. LSR does not make any commitment to update the information contained herein. Unless specifically provided otherwise, LSR products are not suitable for, and shall not be used in, automotive applications. LSR’s products are not intended, authorized, or warranted for use as components in applications intended to support or sustain life.

# ANEXO 06

# nRF24L01

## Single Chip 2.4GHz Transceiver

### Product Specification

#### Key Features

- Worldwide 2.4GHz ISM band operation
- Up to 2Mbps on air data rate
- Ultra low power operation
- 11.3mA TX at 0dBm output power
- 12.3mA RX at 2Mbps air data rate
- 900nA in power down
- 22µA in standby-I
- On chip voltage regulator
- 1.9 to 3.6V supply range
- Enhanced ShockBurst™
- Automatic packet handling
- Auto packet transaction handling
- 6 data pipe MultiCeiver™
- Air compatible with nRF2401A, 02, E1 and E2
- Low cost BOM
- ±60ppm 16MHz crystal
- 5V tolerant inputs
- Compact 20-pin 4x4mm QFN package

#### Applications

- Wireless PC Peripherals
- Mouse, keyboards and remotes
- 3-in-one desktop bundles
- Advanced Media center remote controls
- VoIP headsets
- Game controllers
- Sports watches and sensors
- RF remote controls for consumer electronics
- Home and commercial automation
- Ultra low power sensor networks
- Active RFID
- Asset tracing systems
- Toys

All rights reserved.

Reproduction in whole or in part is prohibited without the prior written permission of the copyright holder.

July 2007

## Liability disclaimer

Nordic Semiconductor ASA reserves the right to make changes without further notice to the product to improve reliability, function or design. Nordic Semiconductor ASA does not assume any liability arising out of the application or use of any product or circuits described herein.

All application information is advisory and does not form part of the specification.

## Limiting values

Stress above one or more of the limiting values may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only and operation of the device at these or at any other conditions above those given in the specifications are not implied. Exposure to limiting values for extended periods may affect device reliability.

## Life support applications

These products are not designed for use in life support appliances, devices, or systems where malfunction of these products can reasonably be expected to result in personal injury. Nordic Semiconductor ASA customers using or selling these products for use in such applications do so at their own risk and agree to fully indemnify Nordic Semiconductor ASA for any damages resulting from such improper use or sale.

Data sheet status	
Objective product specification	This product specification contains target specifications for product development.
Preliminary product specification	This product specification contains preliminary data; supplementary data may be published from Nordic Semiconductor ASA later.
Product specification	This product specification contains final product specifications. Nordic Semiconductor ASA reserves the right to make changes at any time without notice in order to improve design and supply the best possible product.

## Contact details

Visit [www.nordicsemi.no](http://www.nordicsemi.no) for Nordic Semiconductor sales offices and distributors worldwide

### Main office:

Otto Nielsens vei 12  
7004 Trondheim  
Phone: +47 72 89 89 00  
Fax: +47 72 89 89 89  
[www.nordicsemi.no](http://www.nordicsemi.no)



## Writing Conventions

This product specification follows a set of typographic rules that makes the document consistent and easy to read. The following writing conventions are used:

- Commands, bit state conditions, and register names are written in `Courier`.
- Pin names and pin signal conditions are written in `Courier bold`.
- Cross references are [underlined and highlighted in blue](#).

## Revision History

Date	Version	Description
July 2007	2.0	<ul style="list-style-type: none"><li>• Restructured layout in a new template</li><li>• Added details of the following features:<ul style="list-style-type: none"><li>▸ Dynamic Payload Length (DPL)</li><li>▸ Acknowledgement Payload (<code>ACK_PLD</code>)</li><li>▸ Feature register</li><li>▸ ACTIVATE SPI command</li><li>▸ Selective Auto Acknowledgement (<code>NO_ACK</code>)</li></ul></li></ul>

## Contents

<b>1</b>	<b>Introduction .....</b>	<b>7</b>
1.1	Features .....	8
1.2	Block diagram .....	9
<b>2</b>	<b>Pin Information .....</b>	<b>10</b>
2.1	Pin assignment.....	10
2.2	Pin functions.....	11
<b>3</b>	<b>Absolute maximum ratings .....</b>	<b>12</b>
<b>4</b>	<b>Operating conditions .....</b>	<b>13</b>
<b>5</b>	<b>Electrical specifications .....</b>	<b>14</b>
5.1	Power consumption.....	14
5.2	General RF conditions .....	15
5.3	Transmitter operation .....	15
5.4	Receiver operation .....	16
5.5	Crystal specifications .....	17
5.6	DC characteristics .....	18
5.7	Power on reset .....	18
<b>6</b>	<b>Radio Control .....</b>	<b>19</b>
6.1	Operational Modes .....	19
6.1.1	State diagram .....	19
6.1.2	Power Down Mode .....	20
6.1.3	Standby Modes.....	20
6.1.4	RX mode.....	21
6.1.5	TX mode .....	21
6.1.6	Operational modes configuration.....	21
6.1.7	Timing Information .....	22
6.2	Air data rate.....	22
6.3	RF channel frequency .....	23
6.4	PA control.....	23
6.5	LNA gain .....	23
6.6	RX/TX control .....	23
<b>7</b>	<b>Enhanced ShockBurst™ .....</b>	<b>24</b>
7.1	Features .....	24
7.2	Enhanced ShockBurst™ overview.....	24
7.3	Enhanced Shockburst™ packet format.....	25
7.3.1	Preamble .....	25
7.3.2	Address .....	25
7.3.3	Packet Control Field .....	25
7.3.4	Payload.....	26
7.3.5	CRC (Cyclic Redundancy Check) .....	26
7.4	Automatic packet handling .....	26
7.4.1	Static and Dynamic Payload Length.....	26
7.4.2	Automatic packet assembly .....	27
7.4.3	Automatic packet validation .....	27
7.4.4	Automatic packet disassembly .....	28
7.5	Automatic packet transaction handling .....	28

7.5.1	Auto Acknowledgement .....	29
7.5.2	Auto Retransmission (ART) .....	29
7.6	Enhanced ShockBurst flowcharts .....	31
7.6.1	PTX operation .....	31
7.6.2	PRX operation .....	33
7.7	Multiceiver .....	35
7.8	Enhanced ShockBurst™ timing .....	38
7.9	Enhanced ShockBurst™ transaction diagram .....	40
7.9.1	Single transaction with ACK packet and interrupts .....	40
7.9.2	Single transaction with a lost packet .....	41
7.9.3	Single transaction with a lost ACK packet .....	41
7.9.4	Single transaction with ACK payload packet .....	42
7.9.5	Single transaction with ACK payload packet and lost packet .....	42
7.9.6	Two transactions with ACK payload packet and the first ACK packet lost .....	43
7.9.7	Two transactions where max retransmissions is reached .....	43
7.10	Compatibility with ShockBurst™ .....	44
7.10.1	ShockBurst™ packet format .....	44
<b>8</b>	<b>Data and Control Interface .....</b>	<b>45</b>
8.1	Features .....	45
8.2	Functional description .....	45
8.3	SPI operation .....	45
8.3.1	SPI Commands .....	45
8.3.2	SPI timing .....	47
8.4	Data FIFO .....	51
8.5	Interrupt .....	52
<b>9</b>	<b>Register Map .....</b>	<b>53</b>
9.1	Register map table .....	53
<b>10</b>	<b>Peripheral RF Information .....</b>	<b>59</b>
10.1	Antenna output .....	59
10.2	Crystal oscillator .....	59
10.3	nRF24L01 sharing crystal with an MCU .....	59
10.3.1	Crystal parameters .....	59
10.3.2	Input crystal amplitude and current consumption .....	59
10.4	PCB layout and decoupling guidelines .....	60
<b>11</b>	<b>Mechanical specifications .....</b>	<b>61</b>
<b>12</b>	<b>Ordering information .....</b>	<b>63</b>
12.1	Package marking .....	63
12.2	Abbreviations .....	63
<b>13</b>	<b>Glossary of Terms .....</b>	<b>64</b>
	<b>Appendix A - Enhanced ShockBurst™ - Configuration and Communication Example .....</b>	<b>65</b>
	Enhanced ShockBurst™ Transmitting Payload .....	65
	Enhanced ShockBurst™ Receive Payload .....	65
	<b>Appendix B - Configuration for compatibility with nRF24XX .....</b>	<b>67</b>
	<b>Appendix C - Carrier wave output power .....</b>	<b>68</b>



---

Configuration .....	68
<b>Appendix D - Application example .....</b>	<b>69</b>
PCB layout examples .....	70
<b>Appendix E - Stationary disturbance detection .....</b>	<b>74</b>

## 1 Introduction

The nRF24L01 is a single chip 2.4GHz transceiver with an embedded baseband protocol engine (Enhanced ShockBurst™), designed for ultra low power wireless applications. The nRF24L01 is designed for operation in the world wide ISM frequency band at 2.400 - 2.4835GHz. An MCU (microcontroller) and very few external passive components are needed to design a radio system with the nRF24L01.

The nRF24L01 is configured and operated through a Serial Peripheral Interface (SPI.) Through this interface the register map is available. The register map contains all configuration registers in the nRF24L01 and is accessible in all operation modes of the chip.

The embedded baseband protocol engine (Enhanced ShockBurst™) is based on packet communication and supports various modes from manual operation to advanced autonomous protocol operation. Internal FIFOs ensure a smooth data flow between the radio front end and the system's MCU. Enhanced ShockBurst™ reduces system cost by handling all the high-speed link layer operations.

The radio front end uses GFSK modulation. It has user configurable parameters like frequency channel, output power and air data rate.

The air data rate supported by the nRF24L01 is configurable to 2Mbps. The high air data rate combined with two power saving modes makes the nRF24L01 very suitable for ultra low power designs.

Internal voltage regulators ensure a high Power Supply Rejection Ratio (PSRR) and a wide power supply range.

---

## 1.1 Features

Features of the nRF24L01 include:

- Radio
  - Worldwide 2.4GHz ISM band operation
  - 126 RF channels
  - Common RX and TX pins
  - GFSK modulation
  - 1 and 2Mbps air data rate
  - 1MHz non-overlapping channel spacing at 1Mbps
  - 2MHz non-overlapping channel spacing at 2Mbps
- Transmitter
  - Programmable output power: 0, -6, -12 or -18dBm
  - 11.3mA at 0dBm output power
- Receiver
  - Integrated channel filters
  - 12.3mA at 2Mbps
  - -82dBm sensitivity at 2Mbps
  - -85dBm sensitivity at 1Mbps
  - Programmable LNA gain
- RF Synthesizer
  - Fully integrated synthesizer
  - No external loop filter, VCO varactor diode or resonator
  - Accepts low cost  $\pm 60$ ppm 16MHz crystal
- Enhanced ShockBurst™
  - 1 to 32 bytes dynamic payload length
  - Automatic packet handling
  - Auto packet transaction handling
  - 6 data pipe MultiCeiver™ for 1:6 star networks
- Power Management
  - Integrated voltage regulator
  - 1.9 to 3.6V supply range
  - Idle modes with fast start-up times for advanced power management
  - 22uA Standby-I mode, 900nA power down mode
  - Max 1.5ms start-up from power down mode
  - Max 130us start-up from standby-I mode
- Host Interface
  - 4-pin hardware SPI
  - Max 8Mbps
  - 3 separate 32 bytes TX and RX FIFOs
  - 5V tolerant inputs
- Compact 20-pin 4x4mm QFN package

## 1.2 Block diagram

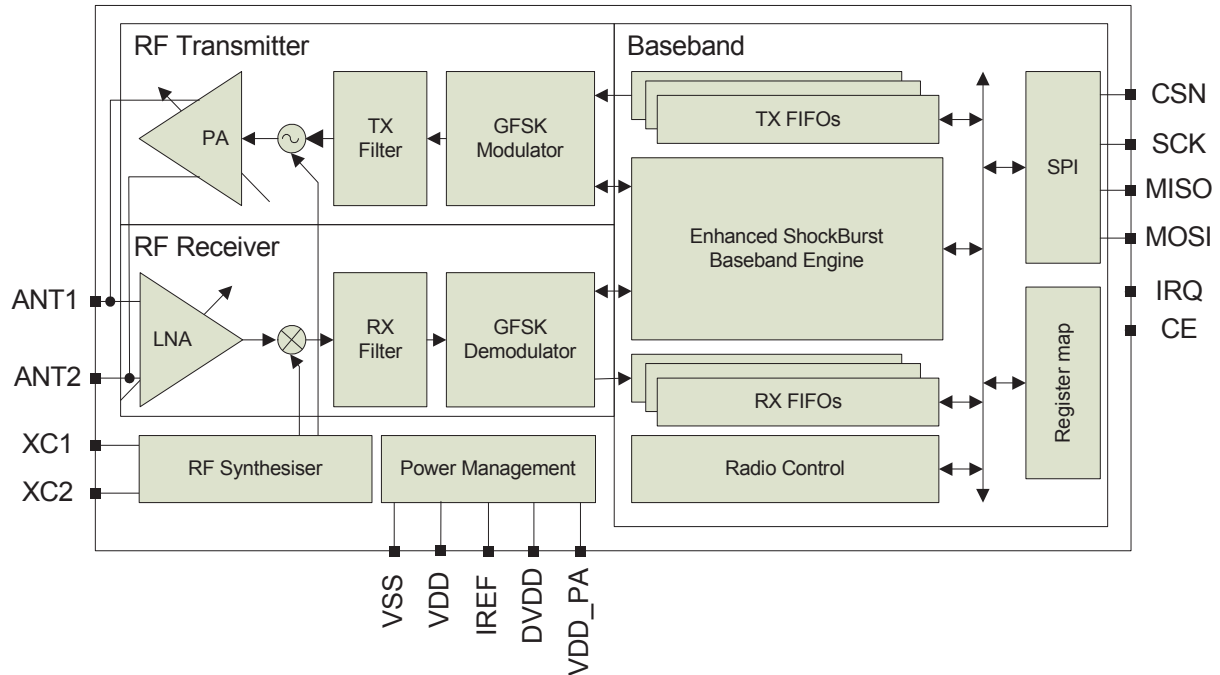


Figure 1. nRF24L01 block diagram

## 2 Pin Information

### 2.1 Pin assignment

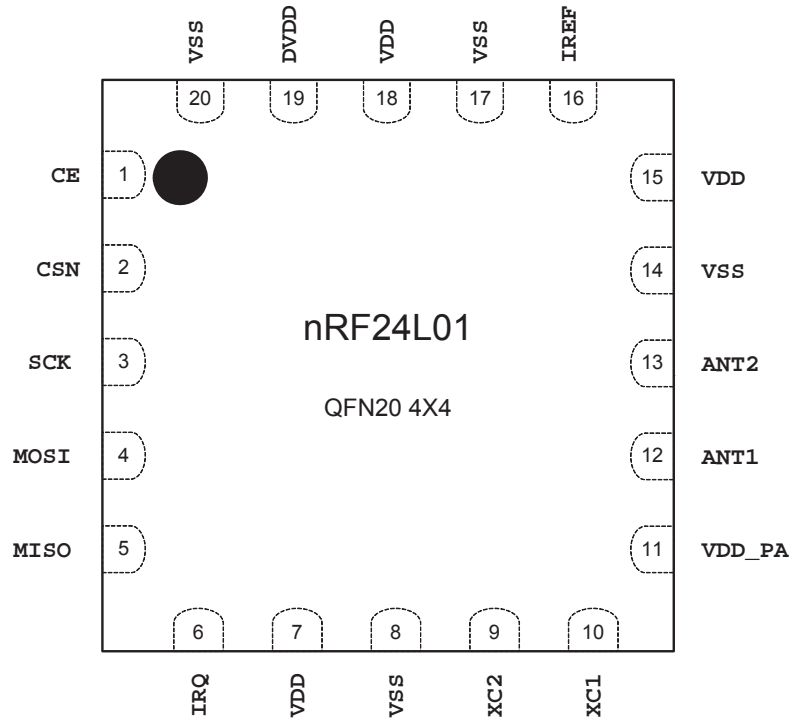


Figure 2. nRF24L01 pin assignment (top view) for the QFN20 4x4 package

## 2.2 Pin functions

Pin	Name	Pin function	Description
1	CE	Digital Input	Chip Enable Activates RX or TX mode
2	CSN	Digital Input	SPI Chip Select
3	SCK	Digital Input	SPI Clock
4	MOSI	Digital Input	SPI Slave Data Input
5	MISO	Digital Output	SPI Slave Data Output, with tri-state option
6	IRQ	Digital Output	Maskable interrupt pin. Active low
7	VDD	Power	Power Supply (+1.9V - +3.6V DC)
8	VSS	Power	Ground (0V)
9	XC2	Analog Output	Crystal Pin 2
10	XC1	Analog Input	Crystal Pin 1
11	VDD_PA	Power Output	Power Supply Output(+1.8V) for the internal nRF24L01 Power Amplifier. Must be connected to <b>ANT1</b> and <b>ANT2</b> as shown in <a href="#">Figure 30</a> .
12	ANT1	RF	Antenna interface 1
13	ANT2	RF	Antenna interface 2
14	VSS	Power	Ground (0V)
15	VDD	Power	Power Supply (+1.9V - +3.6V DC)
16	IREF	Analog Input	Reference current. Connect a 22k $\Omega$ resistor to ground. See: <a href="#">Figure 30</a> .
17	VSS	Power	Ground (0V)
18	VDD	Power	Power Supply (+1.9V - +3.6V DC)
19	DVDD	Power Output	Internal digital supply output for de-coupling purposes. See: <a href="#">Figure 30</a> .
20	VSS	Power	Ground (0V)

Table 1. nRF24L01 pin function

### 3 Absolute maximum ratings

**Note:** Exceeding one or more of the limiting values may cause permanent damage to nRF24L01.

Operating conditions	Minimum	Maximum	Units
<b>Supply voltages</b>			
VDD	-0.3	3.6	V
VSS		0	V
<b>Input voltage</b>			
V <sub>I</sub>	-0.3	5.25	V
<b>Output voltage</b>			
V <sub>O</sub>	VSS to VDD	VSS to VDD	
<b>Total Power Dissipation</b>			
P <sub>D</sub> (T <sub>A</sub> =85°C)		60	mW
<b>Temperatures</b>			
Operating Temperature	-40	+85	°C
Storage Temperature	-40	+125	°C

Table 2. Absolute maximum ratings

## 4 Operating conditions

Symbol	Parameter (condition)	Notes	Min.	Typ.	Max.	Units
VDD	Supply voltage		1.9	3.0	3.6	V
VDD	Supply voltage if input signals >3.6V		2.7	3.0	3.3	V
TEMP	Operating Temperature		-40	+27	+85	°C

Table 3. Operating conditions



## 5 Electrical specifications

Conditions:  $V_{DD} = +3V$ ,  $V_{SS} = 0V$ ,  $T_A = -40^{\circ}C$  to  $+85^{\circ}C$

### 5.1 Power consumption

Symbol	Parameter (condition)	Notes	Min.	Typ.	Max.	Units
<b>Idle modes</b>						
$I_{VDD\_PD}$	Supply current in power down			900		nA
$I_{VDD\_ST1}$	Supply current in standby-I mode	a		22		$\mu A$
$I_{VDD\_ST2}$	Supply current in standby-II mode			320		$\mu A$
$I_{VDD\_SU}$	Average current during 1.5ms crystal oscillator startup			285		$\mu A$
<b>Transmit</b>						
$I_{VDD\_TX0}$	Supply current @ 0dBm output power	b		11.3		mA
$I_{VDD\_TX6}$	Supply current @ -6dBm output power	b		9.0		mA
$I_{VDD\_TX12}$	Supply current @ -12dBm output power	b		7.5		mA
$I_{VDD\_TX18}$	Supply current @ -18dBm output power	b		7.0		mA
$I_{VDD\_AVG}$	Average Supply current @ -6dBm output power, Enhanced ShockBurst™	c		0.12		mA
$I_{VDD\_TXS}$	Average current during TX settling	d		8.0		mA
<b>Receive</b>						
$I_{VDD\_2M}$	Supply current 2Mbps			12.3		mA
$I_{VDD\_LC}$	Supply current 2Mbps LNA low current			11.5		mA
$I_{VDD\_1M}$	Supply current 1Mbps			11.8		mA
$I_{VDD\_LC}$	Supply current 1Mbps LNA low current			11.1		mA
$I_{VDD\_RXS}$	Average current during RX settling	e		8.4		mA

a. Current is given for a 12pF crystal. Current when using external clock is dependent on signal swing.

b. Antenna load impedance =  $15\Omega + j88\Omega$ .

c. Antenna load impedance =  $15\Omega + j88\Omega$ . Average data rate 10kbps and full packets

d. Average current consumption for TX startup (130 $\mu s$ ) and when changing mode from RX to TX (130 $\mu s$ ).

e. Average current consumption for RX startup (130 $\mu s$ ) and when changing mode from TX to RX (130 $\mu s$ ).

Table 4. Power consumption

## 5.2 General RF conditions

Symbol	Parameter (condition)	Notes	Min.	Typ.	Max.	Units
$f_{OP}$	Operating frequency	a	2400		2525	MHz
$PLL_{res}$	PLL Programming resolution			1		MHz
$f_{XTAL}$	Crystal frequency			16		MHz
$\Delta f_{1M}$	Frequency deviation @ 1Mbps			$\pm 160$		kHz
$\Delta f_{2M}$	Frequency deviation @ 2Mbps			$\pm 320$		kHz
$R_{GFSK}$	Air Data rate	b	1000		2000	kbps
$F_{CHAN-NEL\ 1M}$	Non-overlapping channel spacing @ 1Mbps	c		1		MHz
$F_{CHAN-NEL\ 2M}$	Non-overlapping channel spacing @ 2Mbps	c		2		MHz

- a. Usable band is determined by local regulations  
 b. Data rate in each burst on-air  
 c. The minimum channel spacing is 1Mhz

Table 5. General RF conditions

## 5.3 Transmitter operation

Symbol	Parameter (condition)	Notes	Min.	Typ.	Max.	Units
$P_{RF}$	Maximum Output Power	a		0	+4	dBm
$P_{RFC}$	RF Power Control Range		16	18	20	dB
$P_{RFCR}$	RF Power Accuracy				$\pm 4$	dB
$P_{BW2}$	20dB Bandwidth for Modulated Carrier (2Mbps)			1800	2000	kHz
$P_{BW1}$	20dB Bandwidth for Modulated Carrier (1Mbps)			900	1000	kHz
$P_{RF1}$	1 <sup>st</sup> Adjacent Channel Transmit Power 2MHz				-20	dBm
$P_{RF2}$	2 <sup>nd</sup> Adjacent Channel Transmit Power 4MHz				-50	dBm

- a. Antenna load impedance =  $15\Omega + j88\Omega$

Table 6. Transmitter operation

## 5.4 Receiver operation

Symbol	Parameter (condition)	Notes	Min.	Typ.	Max.	Units
$RX_{max}$	Maximum received signal at <0.1% BER			0		dBm
$RX_{SENS}$	Sensitivity (0.1%BER) @2Mbps			-82		dBm
$RX_{SENS}$	Sensitivity at (0.1%BER) @1Mbps			-85		dBm
<b>RX selectivity according to ETSI EN 300 440-1 V1.3.1 (2001-09) page 27</b>						
$C/I_{CO}$	C/I Co-channel (@2Mbps)	a		7		dB
$C/I_{1ST}$	1 <sup>st</sup> Adjacent Channel Selectivity C/I 2MHz			1		dB
$C/I_{2ND}$	2 <sup>nd</sup> Adjacent Channel Selectivity C/I 4MHz			-21		dB
$C/I_{3RD}$	3 <sup>rd</sup> Adjacent Channel Selectivity C/I 6MHz			-27		dB
$C/I_{CO}$	C/I Co-channel (@1Mbps)	b		9		dB
$C/I_{1ST}$	1 <sup>st</sup> Adjacent Channel Selectivity C/I 1MHz			8		dB
$C/I_{2ND}$	2 <sup>nd</sup> Adjacent Channel Selectivity C/I 2MHz			-22		dB
$C/I_{3RD}$	3 <sup>rd</sup> Adjacent Channel Selectivity C/I 3MHz			-30		dB
<b>RX selectivity with nRF24L01 equal modulation on interfering signal</b>						
$C/I_{CO}$	C/I Co-channel (@2Mbps) (Modulated carrier)	a		11		dB
$C/I_{1ST}$	1 <sup>st</sup> Adjacent Channel Selectivity C/I 2MHz			4		dB
$C/I_{2ND}$	2 <sup>nd</sup> Adjacent Channel Selectivity C/I 4MHz			-20		dB
$C/I_{3RD}$	3 <sup>rd</sup> Adjacent Channel Selectivity C/I 6MHz			-27		dB
$C/I_{CO}$	C/I Co-channel (@1Mbps)	b		12		dB
$C/I_{1ST}$	1 <sup>st</sup> Adjacent Channel Selectivity C/I 1MHz			8		dB
$C/I_{2ND}$	2 <sup>nd</sup> Adjacent Channel Selectivity C/I 2MHz			-21		dB
$C/I_{3RD}$	3 <sup>rd</sup> Adjacent Channel Selectivity C/I 3MHz			-30		dB

- a. Data rate is 2Mbps for the following C/I measurements  
b. Data rate is 1Mbps for the following C/I measurements

Table 7. Receiver operation

## 5.5 Crystal specifications

Symbol	Parameter (condition)	Notes	Min.	Typ.	Max.	Units
F <sub>xo</sub>	Crystal Frequency			16		MHz
ΔF	Tolerance	a b		±60		ppm
C <sub>0</sub>	Equivalent parallel capacitance			1.5	7.0	pF
C <sub>L</sub>	Load capacitance		8	12	16	pF
ESR	Equivalent Series Resistance				100	Ω

- a. Frequency accuracy including; tolerance at 25°C, temperature drift, aging and crystal loading.  
b. Frequency regulations in certain regions sets tighter requirements to frequency tolerance (Ex: Japan and Korea max. +/- 50ppm)

*Table 8. Crystal specifications*

## 5.6 DC characteristics

Symbol	Parameter (condition)	Notes	Min.	Typ.	Max.	Units
$V_{IH}$	HIGH level input voltage		$0.7V_{DD}$		$5.25^a$	V
$V_{IL}$	LOW level input voltage		$V_{SS}$		$0.3V_{DD}$	V

a. If the input signal >3.6V, the  $V_{DD}$  of the nRF24L01 must be between 2.7V and 3.3V ( $3.0V \pm 10\%$ )

Table 9. Digital input pin

Symbol	Parameter (condition)	Notes	Min.	Typ.	Max.	Units
$V_{OH}$	HIGH level output voltage ( $I_{OH} = -0.25mA$ )		$V_{DD} - 0.3$		$V_{DD}$	V
$V_{OL}$	LOW level output voltage ( $I_{OL} = 0.25mA$ )				0.3	V

Table 10. Digital output pin

## 5.7 Power on reset

Symbol	Parameter (condition)	Notes	Min.	Typ.	Max.	Units
$T_{PUP}$	Power ramp up time	a			100	ms
$T_{POR}$	Power on reset	b	1.6	5.3	10.3	ms

a. From 0V to 1.9V

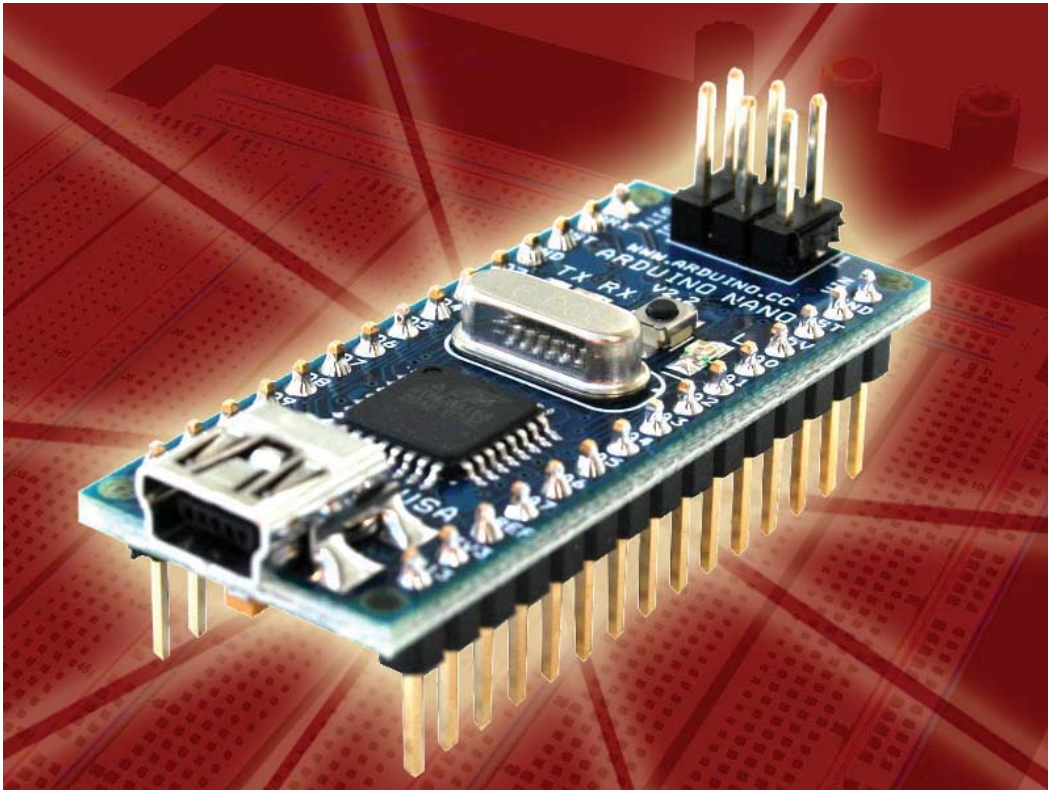
b. Measured when the  $V_{DD}$  reaches 1.9V to when the reset finishes

Table 11. Power on reset

# ANEXO 07

# *Arduino Nano (V2.3)*

## *User Manual*



Released under the Creative Commons Attribution Share-Alike 2.5 License

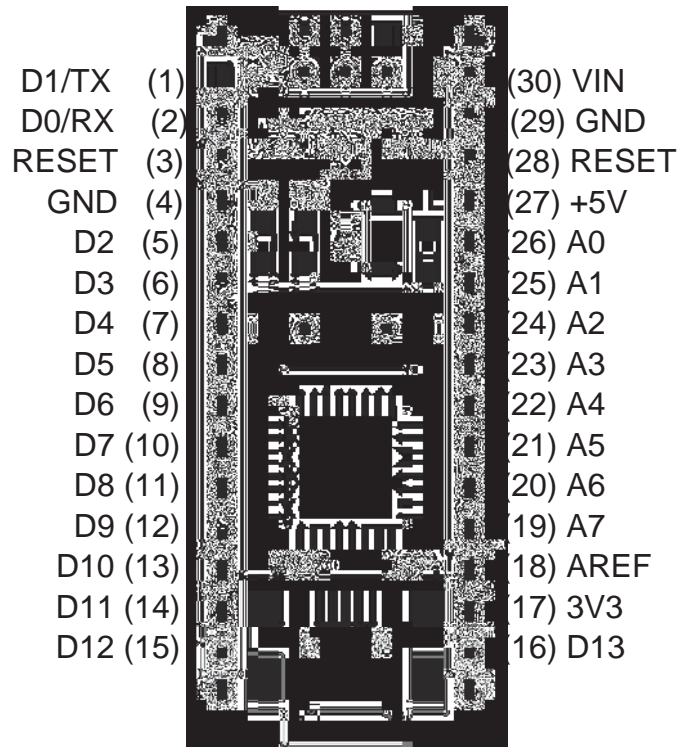
<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/2.5/>

More information:

[www.arduino.cc](http://www.arduino.cc)

Rev. 2.3

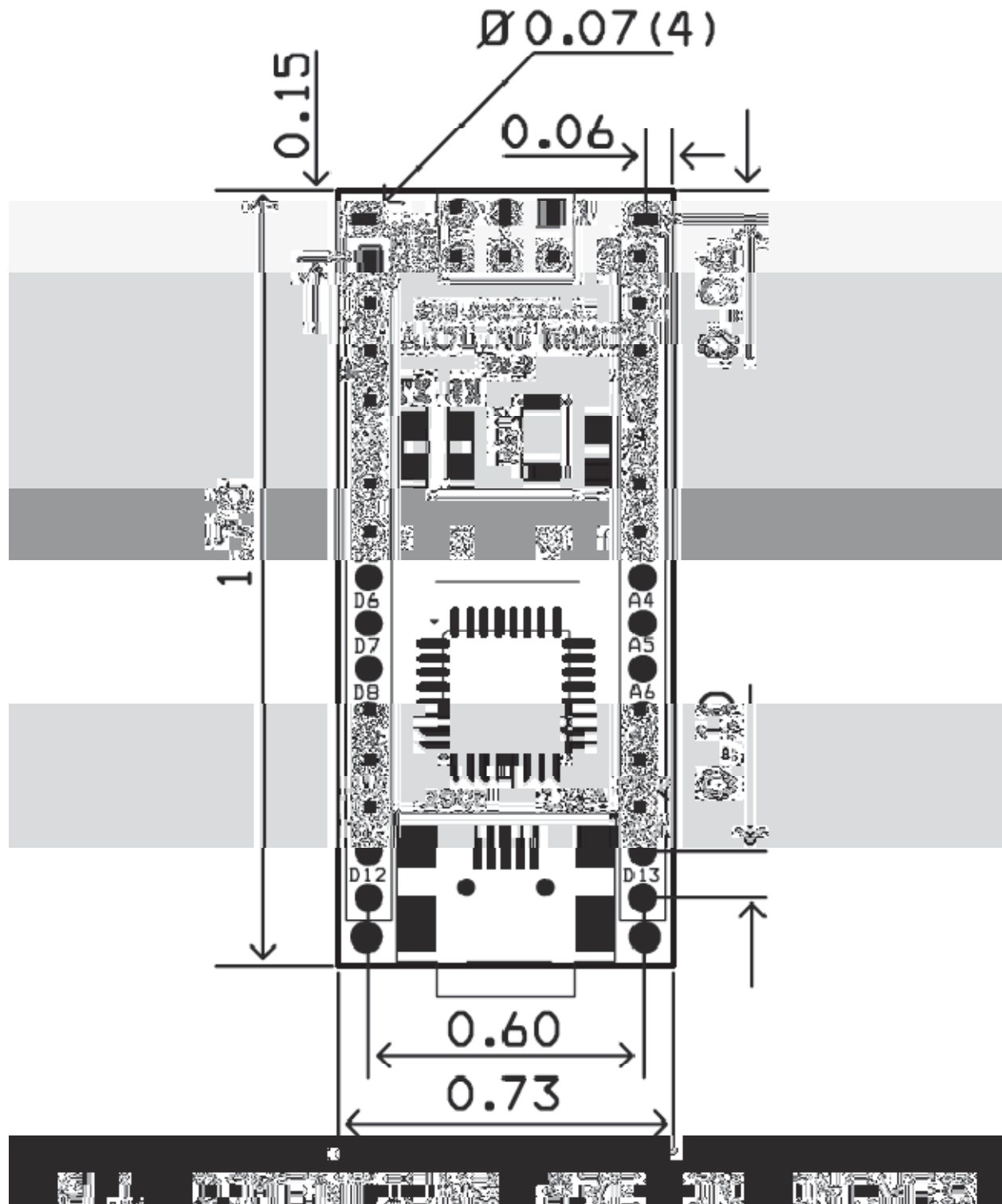
## **Arduino Nano Pin Layout**



Pin No.	Name	Type	Description
1-2, 5-16	D0-D13	I/O	Digital input/output port 0 to 13
3, 28	RESET	Input	Reset (active low)
4, 29	GND	PWR	Supply ground
17	3V3	Output	+3.3V output (from FTDI)
18	AREF	Input	ADC reference
19-26	A7-A0	Input	Analog input channel 0 to 7
27	+5V	Output or Input	+5V output (from on-board regulator) or +5V (input from external power supply)
30	VIN	PWR	Supply voltage



## Arduino Nano Mechanical Drawing

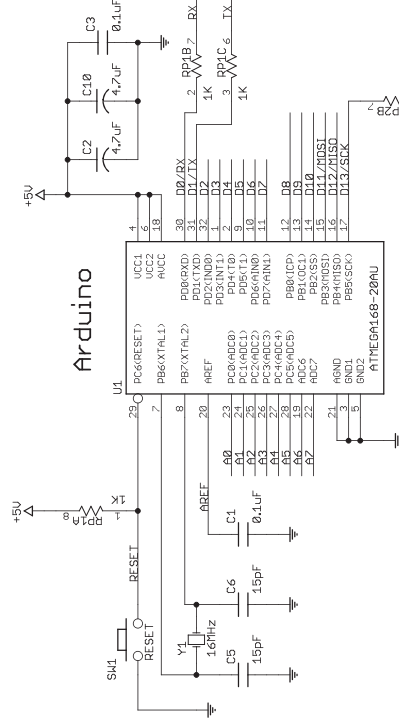
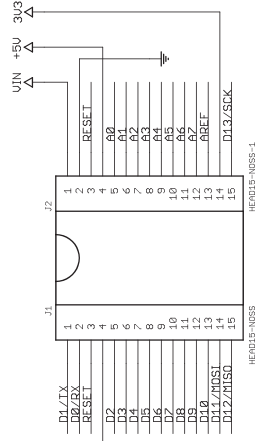


## Arduino Nano Bill of Material

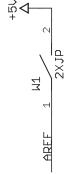
Item Number	Qty.	Ref. Dest.	Description	Mfg. P/N	MFG	Vendor P/N	Vendor
1	5	C1,C3,C4,C7,C9	Capacitor, 0.1uF 50V 10% Ceramic X7R 0805	C0805C104K5RACTU	Kemet	80-C0805C104K5R	Mouser
2	3	C2,C8,C10	Capacitor, 4.7uF 10V 10% Tantalum Case A	T491A475K010AT	Kemet	80-T491A475K010	Mouser
3	2	C5,C6	Capacitor, 18pF 50V 5% Ceramic NOP/COG 0805	C0805C180J5GACTU	Kemet	80-C0805C180J5G	Mouser
4	1	D1	Diode, Schottky 0.5A 20V	MBR0520LT1G	ONSemi	863-MBR0520LT1G	Mouser
5	1	J1,J2	Headers, 36PS 1 Row	68000-136HLF	FCI	649-68000-136HLF	Mouser
6	1	J4	Connector, Mini-B Recept Rt. Angle	67503-1020	Molex	538-67503-1020	Mouser
7	1	J5	Headers, 72PS 2 Rows	67996-272HLF	FCI	649-67996-272HLF	Mouser
8	1	LD1	LED, Super Bright RED 100mcd 640nm 120degree 0805	APT2012SRCPRV	Kingbright	604-APT2012SRCPRV	Mouser
9	1	LD2	LED, Super Bright GREEN 50mcd 570nm 110degree 0805	APHCM2012CGCK-F01	Kingbright	604-APHCM2012CGCK	Mouser
10	1	LD3	LED, Super Bright ORANGE 160mcd 601nm 110degree 0805	APHCM2012SECK-F01	Kingbright	04-APHCM2012SECK	Mouser
11	1	LD4	LED, Super Bright BLUE 80mcd 470nm 110degree 0805	LTST-C170TBKT	Lite-On Inc	160-1579-1-ND	Digikey
12	1	R1	Resistor Pack, 1K +/-5% 62.5mW 4RES SMD	YC164-JR-071KL	Yageo	YC164J-1.0KCT-ND	Digikey
13	1	R2	Resistor Pack, 680 +/-5% 62.5mW 4RES SMD	YC164-JR-07680RL	Yageo	YC164J-680CT-ND	Digikey
14	1	SW1	Switch, Momentary Tact SPST 150gf 3.0x2.5mm	B3U-1000P	Omron	SW1020CT-ND	Digikey
15	1	U1	IC, Microcontroller RISC 16kB Flash, 0.5kB EEPROM, 23 I/O Pins	ATmega168-20AU	Atmel	556-ATMEGA168-20AU	Mouser
16	1	U2	IC, USB to SERIAL UART 28 Pins SSOP	FT232RL	FTDI	895-FT232RL	Mouser
17	1	U3	IC, Voltage regulator 5V, 500mA SOT-223	UA78M05CDCYRG3	TI	595-UA78M05CDCYRG3	Mouser
18	1	Y1	Cystal, 16MHz +/-20ppm HC-49/US Low Profile	ABL-16.000MHZ-B2	Abracon	815-ABL-16-B2	Mouser

# Arduino Nano Schematic

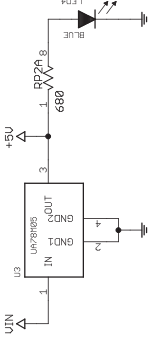
Copyright 2008 under the Creative Commons Attribution Share-Alike 2.5 License  
<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/2.5/>



## +5V AREF OPTION



## +5V REG



## +5V AUTO SELECTOR



NOT USED  
 \* 4. RP1D5 \*  
 1K

v2.3 - Modify FT232RL to use +5V

TITLE: Arduino Nano

Document Number:

REV:

2.3

Date: 6/26/2008 8:35:54 PM

Sheet: 1/1

# ANEXO 08

# Extremely Accurate I<sup>2</sup>C-Integrated RTC/TCXO/Crystal

## General Description

The DS3231 is a low-cost, extremely accurate I<sup>2</sup>C real-time clock (RTC) with an integrated temperature-compensated crystal oscillator (TCXO) and crystal. The device incorporates a battery input, and maintains accurate timekeeping when main power to the device is interrupted. The integration of the crystal resonator enhances the long-term accuracy of the device as well as reduces the piece-part count in a manufacturing line. The DS3231 is available in commercial and industrial temperature ranges, and is offered in a 16-pin, 300-mil SO package.

The RTC maintains seconds, minutes, hours, day, date, month, and year information. The date at the end of the month is automatically adjusted for months with fewer than 31 days, including corrections for leap year. The clock operates in either the 24-hour or 12-hour format with an AM/PM indicator. Two programmable time-of-day alarms and a programmable square-wave output are provided. Address and data are transferred serially through an I<sup>2</sup>C bidirectional bus.

A precision temperature-compensated voltage reference and comparator circuit monitors the status of V<sub>CC</sub> to detect power failures, to provide a reset output, and to automatically switch to the backup supply when necessary. Additionally, the RST pin is monitored as a pushbutton input for generating a  $\mu$ P reset.

## Applications

Servers	Utility Power Meters
Telematics	GPS

Pin Configuration appears at end of data sheet.

## Features

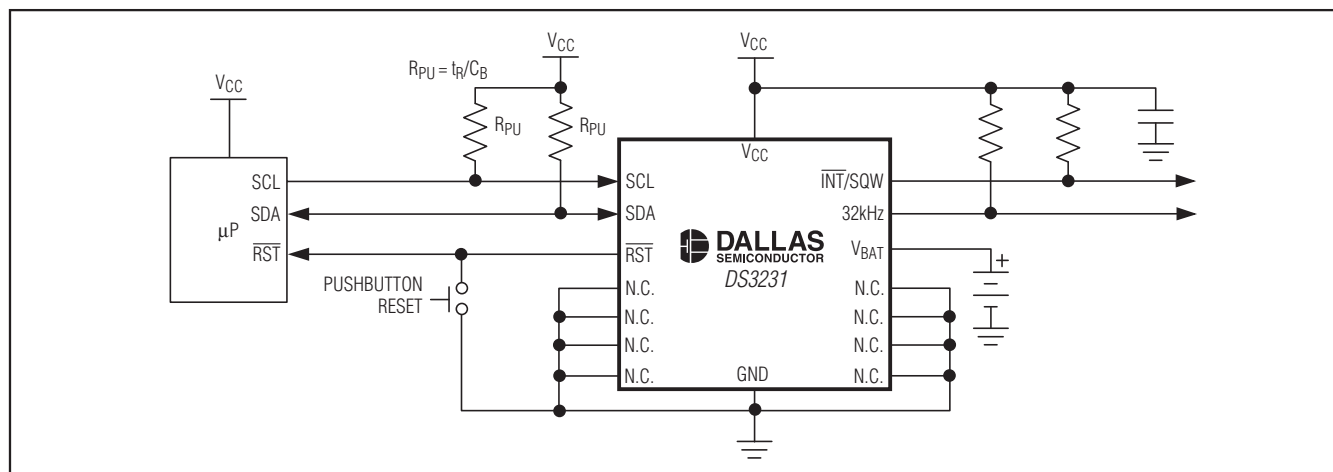
- ◆ Accuracy  $\pm 2$ ppm from 0°C to +40°C
- ◆ Accuracy  $\pm 3.5$ ppm from -40°C to +85°C
- ◆ Battery Backup Input for Continuous Timekeeping
- ◆ Operating Temperature Ranges  
Commercial: 0°C to +70°C  
Industrial: -40°C to +85°C
- ◆ Low-Power Consumption
- ◆ Real-Time Clock Counts Seconds, Minutes, Hours, Day, Date, Month, and Year with Leap Year Compensation Valid Up to 2100
- ◆ Two Time-of-Day Alarms
- ◆ Programmable Square-Wave Output
- ◆ Fast (400kHz) I<sup>2</sup>C Interface
- ◆ 3.3V Operation
- ◆ Digital Temp Sensor Output:  $\pm 3^\circ\text{C}$  Accuracy
- ◆ Register for Aging Trim
- ◆ RST Output/Pushbutton Reset Debounce Input
- ◆ Underwriters Laboratories (UL) Recognized

## Ordering Information

PART	TEMP RANGE	PIN-PACKAGE
DS3231S#	0°C to +70°C	16 SO
DS3231SN#	-40°C to +85°C	16 SO

#Denotes a RoHS-compliant device that may include lead that is exempt under RoHS requirements. The lead finish is JESD97 category e3, and is compatible with both lead-based and lead-free soldering processes. A "#" anywhere on the top mark denotes a RoHS-compliant device.

## Typical Operating Circuit



# Extremely Accurate I<sup>2</sup>C-Integrated RTC/TCXO/Crystal

## ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Voltage Range on V<sub>CC</sub>, V<sub>BAT</sub>, 32kHz, SCL, SDA,  $\overline{\text{RST}}$ ,  
 $\overline{\text{INT}}/\text{SQW}$  Relative to Ground.....-0.3V to +6.0V  
 Junction-to-Ambient Thermal Resistance ( $\theta_{JA}$ ) (Note 1).....73°C/W  
 Junction-to-Case Thermal Resistance ( $\theta_{JC}$ ) (Note 1).....23°C/W  
 Operating Temperature Range  
 (noncondensing) .....-40°C to +85°C  
 Junction Temperature .....+125°C

Storage Temperature Range .....-40°C to +85°C  
 Lead Temperature (soldering, 10s).....+260°C  
 Soldering Temperature (reflow, 2 times max)  
 Lead(Pb)-free .....+260°C  
 Containing lead(Pb) .....+240°C  
 (See the *Handling, PC Board Layout, and Assembly* section.)

**Note 1:** Package thermal resistances were obtained using the method described in JEDEC specification JESD51-7, using a four-layer board. For detailed information on package thermal considerations, refer to [www.maxim-ic.com/thermal-tutorial](http://www.maxim-ic.com/thermal-tutorial).

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

## RECOMMENDED OPERATING CONDITIONS

(T<sub>A</sub> = T<sub>MIN</sub> to T<sub>MAX</sub>, unless otherwise noted.) (Notes 2, 3)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Supply Voltage	V <sub>CC</sub>		2.3	3.3	5.5	V
	V <sub>BAT</sub>		2.3	3.0	5.5	V
Logic 1 Input SDA, SCL	V <sub>IH</sub>		0.7 x V <sub>CC</sub>		V <sub>CC</sub> + 0.3	V
Logic 0 Input SDA, SCL	V <sub>IL</sub>		-0.3		0.3 x V <sub>CC</sub>	V

## ELECTRICAL CHARACTERISTICS

(V<sub>CC</sub> = 2.3V to 5.5V, V<sub>CC</sub> = Active Supply (see Table 1), T<sub>A</sub> = T<sub>MIN</sub> to T<sub>MAX</sub>, unless otherwise noted.) (Typical values are at V<sub>CC</sub> = 3.3V, V<sub>BAT</sub> = 3.0V, and T<sub>A</sub> = +25°C, unless otherwise noted.) (Notes 2, 3)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Active Supply Current	I <sub>CCA</sub>	(Notes 4, 5)	V <sub>CC</sub> = 3.63V		200	μA
			V <sub>CC</sub> = 5.5V		300	
Standby Supply Current	I <sub>CCS</sub>	I <sup>2</sup> C bus inactive, 32kHz output on, SQW output off (Note 5)	V <sub>CC</sub> = 3.63V		110	μA
			V <sub>CC</sub> = 5.5V		170	
Temperature Conversion Current	I <sub>CCSCONV</sub>	I <sup>2</sup> C bus inactive, 32kHz output on, SQW output off	V <sub>CC</sub> = 3.63V		575	μA
			V <sub>CC</sub> = 5.5V		650	
Power-Fail Voltage	V <sub>PF</sub>		2.45	2.575	2.70	V
Logic 0 Output, 32kHz, $\overline{\text{INT}}/\text{SQW}$ , SDA	V <sub>OL</sub>	I <sub>OL</sub> = 3mA			0.4	V
Logic 0 Output, $\overline{\text{RST}}$	V <sub>OL</sub>	I <sub>OL</sub> = 1mA			0.4	V
Output Leakage Current 32kHz, $\overline{\text{INT}}/\text{SQW}$ , SDA	I <sub>LO</sub>	Output high impedance	-1	0	+1	μA
Input Leakage SCL	I <sub>LI</sub>		-1		+1	μA
$\overline{\text{RST}}$ Pin I/O Leakage	I <sub>OL</sub>	$\overline{\text{RST}}$ high impedance (Note 6)	-200		+10	μA
V <sub>BAT</sub> Leakage Current (V <sub>CC</sub> Active)	I <sub>BATLKG</sub>			25	100	nA

# Extremely Accurate I<sup>2</sup>C-Integrated RTC/TCXO/Crystal

DS3231

## ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued)

(V<sub>CC</sub> = 2.3V to 5.5V, V<sub>CC</sub> = Active Supply (see Table 1), T<sub>A</sub> = T<sub>MIN</sub> to T<sub>MAX</sub>, unless otherwise noted.) (Typical values are at V<sub>CC</sub> = 3.3V, V<sub>BAT</sub> = 3.0V, and T<sub>A</sub> = +25°C, unless otherwise noted.) (Notes 2, 3)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Output Frequency	f <sub>OUT</sub>	V <sub>CC</sub> = 3.3V or V <sub>BAT</sub> = 3.3V		32.768		kHz
Frequency Stability vs. Temperature (Commercial)	Δf/f <sub>OUT</sub>	V <sub>CC</sub> = 3.3V or V <sub>BAT</sub> = 3.3V, aging offset = 00h	0°C to +40°C		±2	ppm
			>40°C to +70°C		±3.5	
Frequency Stability vs. Temperature (Industrial)	Δf/f <sub>OUT</sub>	V <sub>CC</sub> = 3.3V or V <sub>BAT</sub> = 3.3V, aging offset = 00h	-40°C to <0°C		±3.5	ppm
			0°C to +40°C		±2	
			>40°C to +85°C		±3.5	
Frequency Stability vs. Voltage	Δf/V			1		ppm/V
Trim Register Frequency Sensitivity per LSB	Δf/LSB	Specified at:	-40°C	0.7		ppm
			+25°C	0.1		
			+70°C	0.4		
			+85°C	0.8		
Temperature Accuracy	Temp	V <sub>CC</sub> = 3.3V or V <sub>BAT</sub> = 3.3V	-3		+3	°C
Crystal Aging	Δf/f <sub>O</sub>	After reflow, not production tested	First year	±1.0		ppm
			0–10 years	±5.0		

## ELECTRICAL CHARACTERISTICS

(V<sub>CC</sub> = 0V, V<sub>BAT</sub> = 2.3V to 5.5V, T<sub>A</sub> = T<sub>MIN</sub> to T<sub>MAX</sub>, unless otherwise noted.) (Note 2)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Active Battery Current	I <sub>BATA</sub>	$\overline{\text{EOSC}}$ = 0, BBSQW = 0, SCL = 400kHz (Note 5)	V <sub>BAT</sub> = 3.63V		70	μA
			V <sub>BAT</sub> = 5.5V		150	
Timekeeping Battery Current	I <sub>BATT</sub>	$\overline{\text{EOSC}}$ = 0, BBSQW = 0, EN32kHz = 1, SCL = SDA = 0V or SCL = SDA = V <sub>BAT</sub> (Note 5)	V <sub>BAT</sub> = 3.63V	0.84	3.0	μA
			V <sub>BAT</sub> = 5.5V	1.0	3.5	
Temperature Conversion Current	I <sub>BATTC</sub>	$\overline{\text{EOSC}}$ = 0, BBSQW = 0, SCL = SDA = 0V or SCL = SDA = V <sub>BAT</sub>	V <sub>BAT</sub> = 3.63V		575	μA
			V <sub>BAT</sub> = 5.5V		650	
Data-Retention Current	I <sub>BATTD</sub>	$\overline{\text{EOSC}}$ = 1, SCL = SDA = 0V, +25°C			100	nA

# Extremely Accurate I<sup>2</sup>C-Integrated RTC/TCXO/Crystal

## AC ELECTRICAL CHARACTERISTICS

(V<sub>CC</sub> = V<sub>CC(MIN)</sub> to V<sub>CC(MAX)</sub> or V<sub>BAT</sub> = V<sub>BAT(MIN)</sub> to V<sub>BAT(MAX)</sub>, V<sub>BAT</sub> > V<sub>CC</sub>, T<sub>A</sub> = T<sub>MIN</sub> to T<sub>MAX</sub>, unless otherwise noted.) (Note 2)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
SCL Clock Frequency	f <sub>SCL</sub>	Fast mode	100		400	kHz
		Standard mode	0		100	
Bus Free Time Between STOP and START Conditions	t <sub>BUF</sub>	Fast mode	1.3			μs
		Standard mode	4.7			
Hold Time (Repeated) START Condition (Note 7)	t <sub>HD:STA</sub>	Fast mode	0.6			μs
		Standard mode	4.0			
Low Period of SCL Clock	t <sub>LOW</sub>	Fast mode	1.3			μs
		Standard mode	4.7			
High Period of SCL Clock	t <sub>HIGH</sub>	Fast mode	0.6			μs
		Standard mode	4.0			
Data Hold Time (Notes 8, 9)	t <sub>HD:DAT</sub>	Fast mode	0		0.9	μs
		Standard mode	0		0.9	
Data Setup Time (Note 10)	t <sub>SU:DAT</sub>	Fast mode	100			ns
		Standard mode	250			
START Setup Time	t <sub>SU:STA</sub>	Fast mode	0.6			μs
		Standard mode	4.7			
Rise Time of Both SDA and SCL Signals (Note 11)	t <sub>R</sub>	Fast mode	20 + _____		300	ns
		Standard mode	0.1C <sub>B</sub>		1000	
Fall Time of Both SDA and SCL Signals (Note 11)	t <sub>F</sub>	Fast mode	20 + _____		300	ns
		Standard mode	0.1C <sub>B</sub>		300	
Setup Time for STOP Condition	t <sub>SU:STO</sub>	Fast mode	0.6			μs
		Standard mode	4.7			
Capacitive Load for Each Bus Line	C <sub>B</sub>	(Note 11)			400	pF
Capacitance for SDA, SCL	C <sub>I/O</sub>			10		pF
Pulse Width of Spikes That Must Be Suppressed by the Input Filter	t <sub>SP</sub>			30		ns
Pushbutton Debounce	PB <sub>DB</sub>			250		ms
Reset Active Time	t <sub>RST</sub>			250		ms
Oscillator Stop Flag (OSF) Delay	t <sub>OSF</sub>	(Note 12)		100		ms
Temperature Conversion Time	t <sub>CONV</sub>			125	200	ms

## POWER-SWITCH CHARACTERISTICS

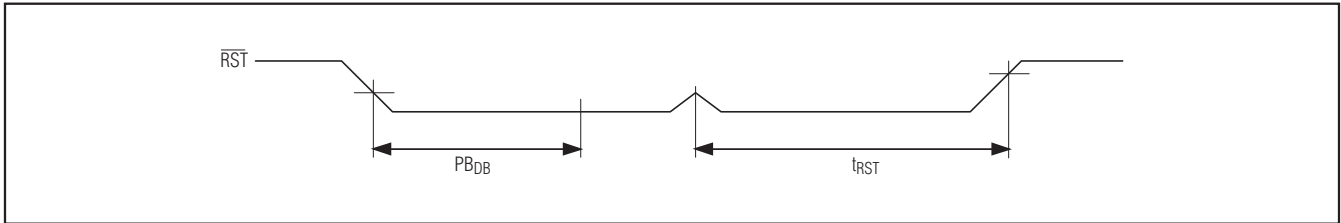
(T<sub>A</sub> = T<sub>MIN</sub> to T<sub>MAX</sub>)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
V <sub>CC</sub> Fall Time; V <sub>PF(MAX)</sub> to V <sub>PF(MIN)</sub>	t <sub>VCCF</sub>		300			μs
V <sub>CC</sub> Rise Time; V <sub>PF(MIN)</sub> to V <sub>PF(MAX)</sub>	t <sub>VCCR</sub>		0			μs
Recovery at Power-Up	t <sub>REC</sub>	(Note 13)		250	300	ms

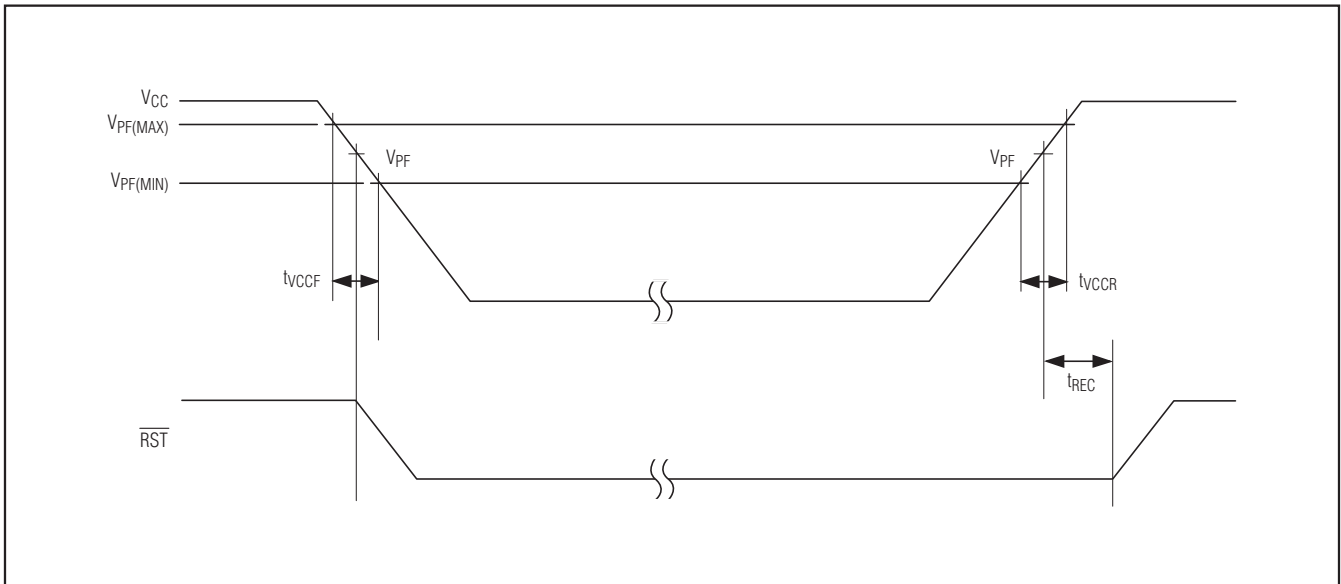


# Extremely Accurate I<sup>2</sup>C-Integrated RTC/TCXO/Crystal

## Pushbutton Reset Timing



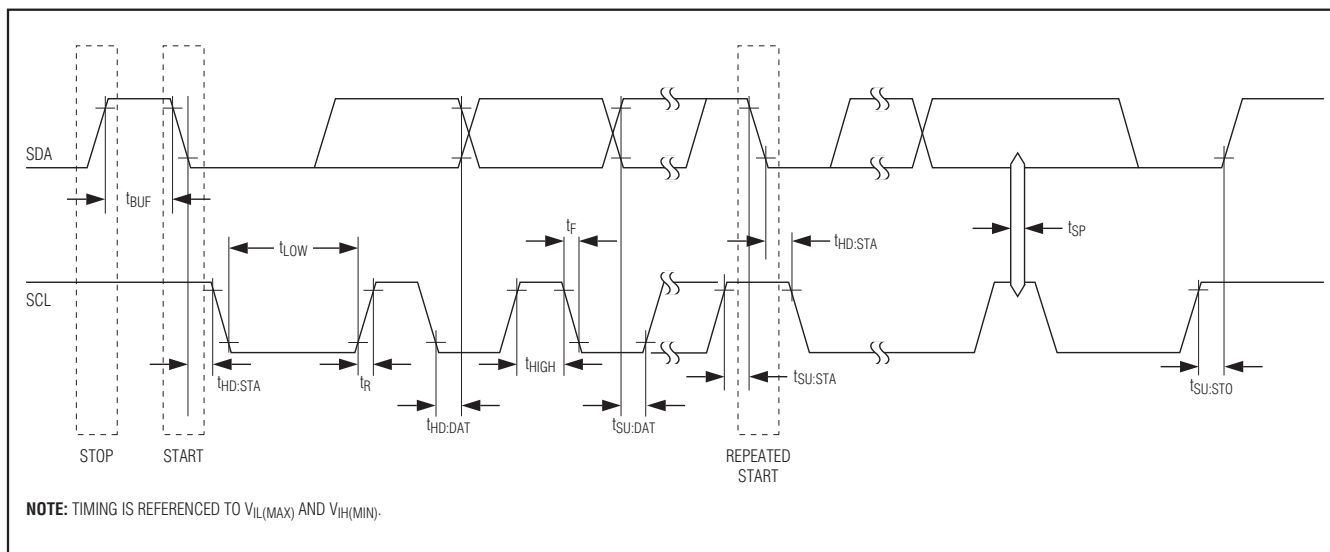
## Power-Switch Timing



DS3231

# Extremely Accurate I<sup>2</sup>C-Integrated RTC/TCXO/Crystal

## Data Transfer on I<sup>2</sup>C Serial Bus



**WARNING:** Negative undershoots below -0.3V while the part is in battery-backed mode may cause loss of data.

**Note 2:** Limits at -40°C are guaranteed by design and not production tested.

**Note 3:** All voltages are referenced to ground.

**Note 4:**  $I_{CCA}$ —SCL clocking at max frequency = 400kHz.

**Note 5:** Current is the averaged input current, which includes the temperature conversion current.

**Note 6:** The  $\overline{RST}$  pin has an internal 50k $\Omega$  (nominal) pullup resistor to  $V_{CC}$ .

**Note 7:** After this period, the first clock pulse is generated.

**Note 8:** A device must internally provide a hold time of at least 300ns for the SDA signal (referred to the  $V_{IH(MIN)}$  of the SCL signal) to bridge the undefined region of the falling edge of SCL.

**Note 9:** The maximum  $t_{HD:DAT}$  needs only to be met if the device does not stretch the low period ( $t_{LOW}$ ) of the SCL signal.

**Note 10:** A fast-mode device can be used in a standard-mode system, but the requirement  $t_{SU:DAT} \geq 250$ ns must then be met. This is automatically the case if the device does not stretch the low period of the SCL signal. If such a device does stretch the low period of the SCL signal, it must output the next data bit to the SDA line  $t_{R(MAX)} + t_{SU:DAT} = 1000 + 250 = 1250$ ns before the SCL line is released.

**Note 11:**  $C_B$ —total capacitance of one bus line in pF.

**Note 12:** The parameter  $t_{OSF}$  is the period of time the oscillator must be stopped for the OSF flag to be set over the voltage range of  $0.0V \leq V_{CC} \leq V_{CC(MAX)}$  and  $2.3V \leq V_{BAT} \leq 3.4V$ .

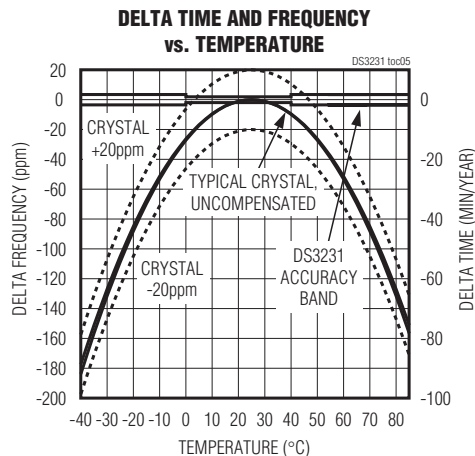
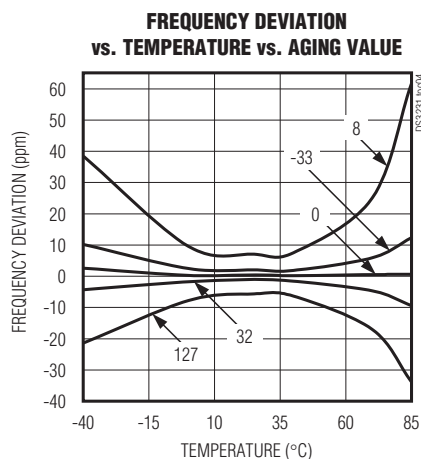
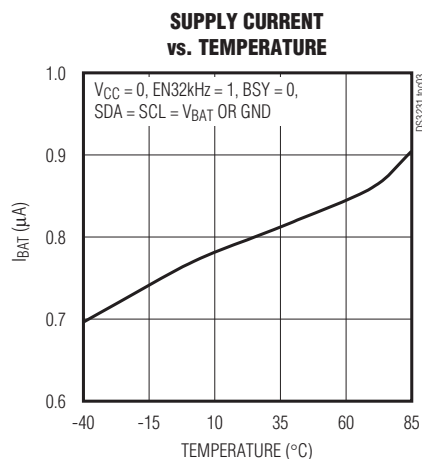
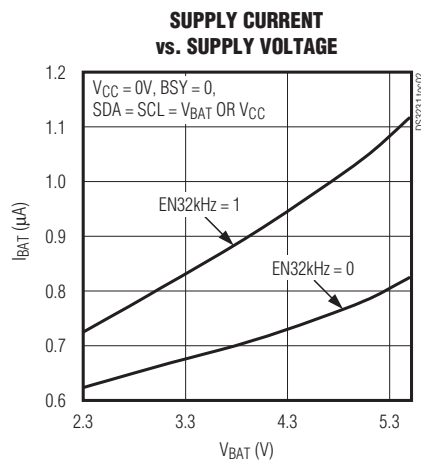
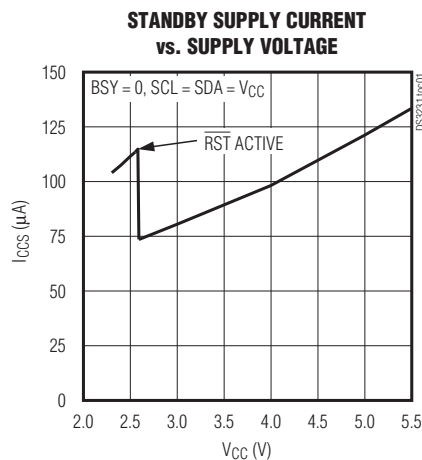
**Note 13:** This delay applies only if the oscillator is enabled and running. If the  $\overline{EOSC}$  bit is a 1,  $t_{REC}$  is bypassed and  $\overline{RST}$  immediately goes high. The state of  $\overline{RST}$  does not affect the I<sup>2</sup>C interface, RTC, or TCXO.

# Extremely Accurate I<sup>2</sup>C-Integrated RTC/TCXO/Crystal

## Typical Operating Characteristics

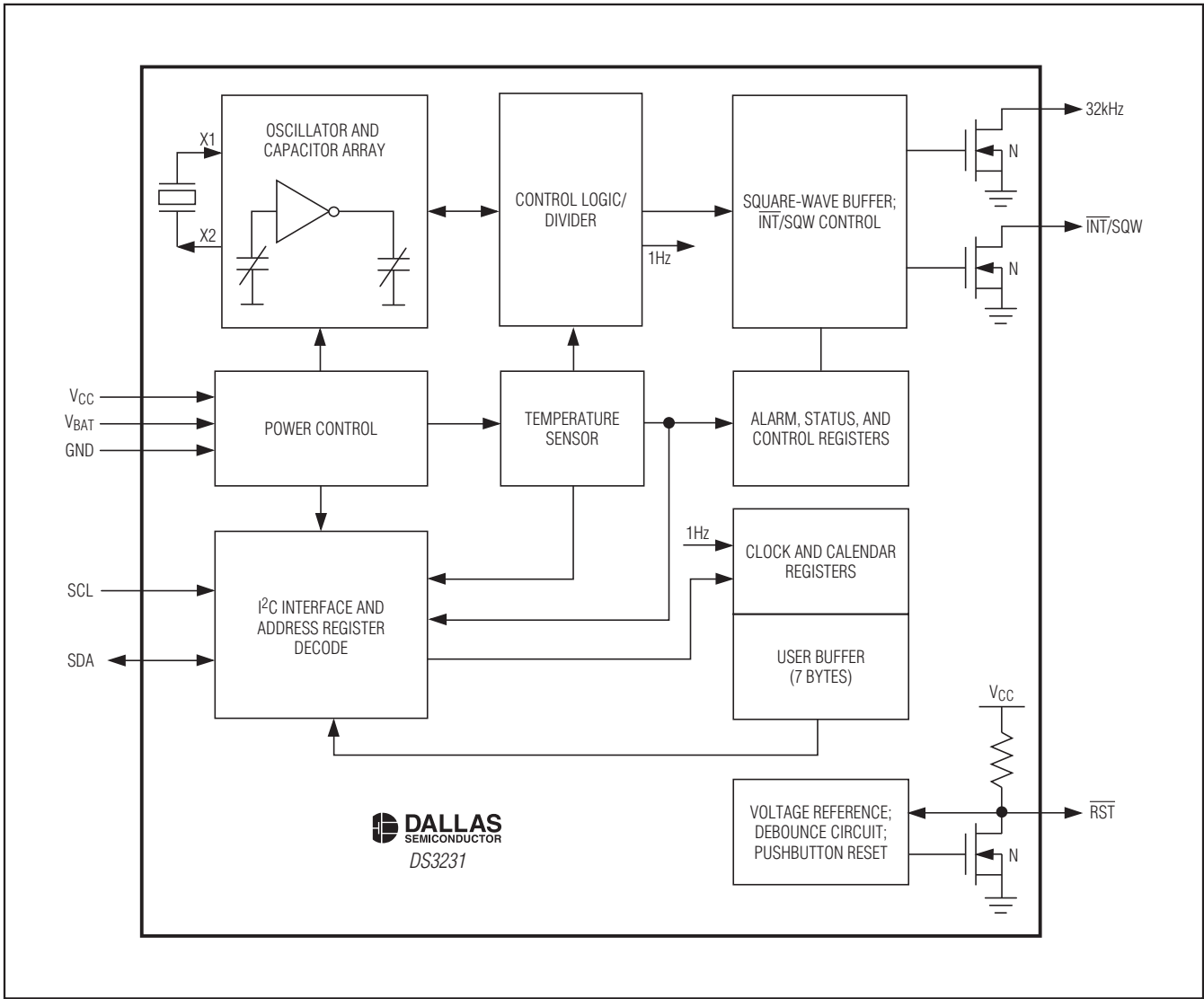
( $V_{CC} = +3.3V$ ,  $T_A = +25^{\circ}C$ , unless otherwise noted.)

DS3231



# Extremely Accurate I<sup>2</sup>C-Integrated RTC/TCXO/Crystal

Block Diagram



# Extremely Accurate I<sup>2</sup>C-Integrated RTC/TCXO/Crystal

DS3231

## Pin Description

PIN	NAME	FUNCTION
1	32kHz	32kHz Output. This open-drain pin requires an external pullup resistor. When enabled, the output operates on either power supply. It may be left open if not used.
2	V <sub>CC</sub>	DC Power Pin for Primary Power Supply. This pin should be decoupled using a 0.1μF to 1.0μF capacitor. If not used, connect to ground.
3	INT/SQW	Active-Low Interrupt or Square-Wave Output. This open-drain pin requires an external pullup resistor connected to a supply at 5.5V or less. This multifunction pin is determined by the state of the INTCN bit in the Control Register (0Eh). When INTCN is set to logic 0, this pin outputs a square wave and its frequency is determined by RS2 and RS1 bits. When INTCN is set to logic 1, then a match between the timekeeping registers and either of the alarm registers activates the INT/SQW pin (if the alarm is enabled). Because the INTCN bit is set to logic 1 when power is first applied, the pin defaults to an interrupt output with alarms disabled. The pullup voltage can be up to 5.5V, regardless of the voltage on V <sub>CC</sub> . If not used, this pin can be left unconnected.
4	RST	Active-Low Reset. This pin is an open-drain input/output. It indicates the status of V <sub>CC</sub> relative to the V <sub>PF</sub> specification. As V <sub>CC</sub> falls below V <sub>PF</sub> , the RST pin is driven low. When V <sub>CC</sub> exceeds V <sub>PF</sub> , for t <sub>RST</sub> , the RST pin is pulled high by the internal pullup resistor. The active-low, open-drain output is combined with a debounced pushbutton input function. This pin can be activated by a pushbutton reset request. It has an internal 50kΩ nominal value pullup resistor to V <sub>CC</sub> . No external pullup resistors should be connected. If the oscillator is disabled, t <sub>REC</sub> is bypassed and RST immediately goes high.
5–12	N.C.	No Connection. Must be connected to ground.
13	GND	Ground
14	V <sub>BAT</sub>	Backup Power-Supply Input. When using the device with the V <sub>BAT</sub> input as the primary power source, this pin should be decoupled using a 0.1μF to 1.0μF low-leakage capacitor. When using the device with the V <sub>BAT</sub> input as the backup power source, the capacitor is not required. If V <sub>BAT</sub> is not used, connect to ground. The device is UL recognized to ensure against reverse charging when used with a primary lithium battery. Go to <a href="http://www.maxim-ic.com/qa/info/ul">www.maxim-ic.com/qa/info/ul</a> .
15	SDA	Serial Data Input/Output. This pin is the data input/output for the I <sup>2</sup> C serial interface. This open-drain pin requires an external pullup resistor. The pullup voltage can be up to 5.5V, regardless of the voltage on V <sub>CC</sub> .
16	SCL	Serial Clock Input. This pin is the clock input for the I <sup>2</sup> C serial interface and is used to synchronize data movement on the serial interface. Up to 5.5V can be used for this pin, regardless of the voltage on V <sub>CC</sub> .

## Detailed Description

The DS3231 is a serial RTC driven by a temperature-compensated 32kHz crystal oscillator. The TCXO provides a stable and accurate reference clock, and maintains the RTC to within ±2 minutes per year accuracy from -40°C to +85°C. The TCXO frequency output is available at the 32kHz pin. The RTC is a low-power clock/calendar with two programmable time-of-day alarms and a programmable square-wave output. The INT/SQW provides either an interrupt signal due to alarm conditions or a square-wave output. The clock/calendar provides seconds, minutes, hours, day, date, month, and year information. The date at the end of the month is automatically adjusted for months with fewer than 31 days, including corrections for leap year. The

clock operates in either the 24-hour or 12-hour format with an AM/PM indicator. The internal registers are accessible through an I<sup>2</sup>C bus interface.

A temperature-compensated voltage reference and comparator circuit monitors the level of V<sub>CC</sub> to detect power failures and to automatically switch to the backup supply when necessary. The RST pin provides an external pushbutton function and acts as an indicator of a power-fail event.

## Operation

The block diagram shows the main elements of the DS3231. The eight blocks can be grouped into four functional groups: TCXO, power control, pushbutton function, and RTC. Their operations are described separately in the following sections.

# Extremely Accurate I<sup>2</sup>C-Integrated RTC/TCXO/Crystal

## 32kHz TCXO

The temperature sensor, oscillator, and control logic form the TCXO. The controller reads the output of the on-chip temperature sensor and uses a lookup table to determine the capacitance required, adds the aging correction in AGE register, and then sets the capacitance selection registers. New values, including changes to the AGE register, are loaded only when a change in the temperature value occurs, or when a user-initiated temperature conversion is completed. Temperature conversion occurs on initial application of VCC and once every 64 seconds afterwards.

## Power Control

This function is provided by a temperature-compensated voltage reference and a comparator circuit that monitors the VCC level. When VCC is greater than VPF, the part is powered by VCC. When VCC is less than VPF but greater than VBAT, the DS3231 is powered by VCC. If VCC is less than VPF and is less than VBAT, the device is powered by VBAT. See Table 1.

**Table 1. Power Control**

SUPPLY CONDITION	ACTIVE SUPPLY
$V_{CC} < V_{PF}$ , $V_{CC} < V_{BAT}$	V <sub>BAT</sub>
$V_{CC} < V_{PF}$ , $V_{CC} > V_{BAT}$	V <sub>CC</sub>
$V_{CC} > V_{PF}$ , $V_{CC} < V_{BAT}$	V <sub>CC</sub>
$V_{CC} > V_{PF}$ , $V_{CC} > V_{BAT}$	V <sub>CC</sub>

To preserve the battery, the first time VBAT is applied to the device, the oscillator will not start up until VCC exceeds VPF, or until a valid I<sup>2</sup>C address is written to the part. Typical oscillator startup time is less than one second. Approximately 2 seconds after VCC is applied, or a valid I<sup>2</sup>C address is written, the device makes a temperature measurement and applies the calculated correction to the oscillator. Once the oscillator is running, it continues to run as long as a valid power source is available (VCC or VBAT), and the device continues to measure the temperature and correct the oscillator frequency every 64 seconds.

On the first application of power (VCC) or when a valid I<sup>2</sup>C address is written to the part (VBAT), the time and date registers are reset to 01/01/00 01 00:00:00 (MM/DD/YY DOW HH:MM:SS).

## VBAT Operation

There are several modes of operation that affect the amount of VBAT current that is drawn. While the device is powered by VBAT and the serial interface is active,

active battery current, IBATA, is drawn. When the serial interface is inactive, timekeeping current (IBATT), which includes the averaged temperature conversion current, IBATTC, is used (refer to Application Note 3644: *Power Considerations for Accurate Real-Time Clocks* for details). Temperature conversion current, IBATTC, is specified since the system must be able to support the periodic higher current pulse and still maintain a valid voltage level. Data retention current, IBATDR, is the current drawn by the part when the oscillator is stopped ( $\overline{EOSC} = 1$ ). This mode can be used to minimize battery requirements for times when maintaining time and date information is not necessary, e.g., while the end system is waiting to be shipped to a customer.

## Pushbutton Reset Function

The DS3231 provides for a pushbutton switch to be connected to the  $\overline{RST}$  output pin. When the DS3231 is not in a reset cycle, it continuously monitors the  $\overline{RST}$  signal for a low going edge. If an edge transition is detected, the DS3231 debounces the switch by pulling the RST low. After the internal timer has expired (PBD<sub>B</sub>), the DS3231 continues to monitor the  $\overline{RST}$  line. If the line is still low, the DS3231 continuously monitors the line looking for a rising edge. Upon detecting release, the DS3231 forces the  $\overline{RST}$  pin low and holds it low for t<sub>RST</sub>.

$\overline{RST}$  is also used to indicate a power-fail condition. When VCC is lower than VPF, an internal power-fail signal is generated, which forces the  $\overline{RST}$  pin low. When VCC returns to a level above VPF, the  $\overline{RST}$  pin is held low for approximately 250ms (t<sub>REC</sub>) to allow the power supply to stabilize. If the oscillator is not running (see the *Power Control* section) when VCC is applied, t<sub>REC</sub> is bypassed and  $\overline{RST}$  immediately goes high. Assertion of the  $\overline{RST}$  output, whether by pushbutton or power-fail detection, does not affect the internal operation of the DS3231.

## Real-Time Clock

With the clock source from the TCXO, the RTC provides seconds, minutes, hours, day, date, month, and year information. The date at the end of the month is automatically adjusted for months with fewer than 31 days, including corrections for leap year. The clock operates in either the 24-hour or 12-hour format with an AM/PM indicator.

The clock provides two programmable time-of-day alarms and a programmable square-wave output. The INT/SQW pin either generates an interrupt due to alarm condition or outputs a square-wave signal and the selection is controlled by the bit INTCN.

# Extremely Accurate I<sup>2</sup>C-Integrated RTC/TCXO/Crystal

DS3231

Figure 1. Timekeeping Registers

ADDRESS	BIT 7 MSB	BIT 6	BIT 5	BIT 4	BIT 3	BIT 2	BIT 1	BIT 0 LSB	FUNCTION	RANGE
00h	0	10 Seconds			Seconds				Seconds	00–59
01h	0	10 Minutes			Minutes				Minutes	00–59
02h	0	12/24	AM/PM 20 Hour	10 Hour	Hour				Hours	1–12 + AM/PM 00–23
03h	0	0	0	0	0	Day			Day	1–7
04h	0	0	10 Date			Date			Date	01–31
05h	Century	0	0	10 Month	Month				Month/ Century	01–12 + Century
06h	10 Year				Year				Year	00–99
07h	A1M1	10 Seconds			Seconds				Alarm 1 Seconds	00–59
08h	A1M2	10 Minutes			Minutes				Alarm 1 Minutes	00–59
09h	A1M3	12/24	AM/PM 20 Hour	10 Hour	Hour				Alarm 1 Hours	1–12 + AM/PM 00–23
0Ah	A1M4	DY/D $\overline{T}$	10 Date			Day			Alarm 1 Day	1–7
0Bh	A2M2	10 Minutes			Minutes				Alarm 2 Minutes	00–59
0Ch	A2M3	12/24	AM/PM 20 Hour	10 Hour	Hour				Alarm 2 Hours	1–12 + AM/PM 00–23
0Dh	A2M4	DY/D $\overline{T}$	10 Date			Day			Alarm 2 Day	1–7
					Date				Alarm 2 Date	1–31
0Eh	$\overline{E}OSC$	BBSQW	CONV	RS2	RS1	INTCN	A2IE	A1IE	Control	—
0Fh	OSF	0	0	0	EN32kHz	BSY	A2F	A1F	Control/Status	—
10h	SIGN	DATA	DATA	DATA	DATA	DATA	DATA	DATA	Aging Offset	—
11h	SIGN	DATA	DATA	DATA	DATA	DATA	DATA	DATA	MSB of Temp	—
12h	DATA	DATA	0	0	0	0	0	0	LSB of Temp	—

**Note:** Unless otherwise specified, the registers' state is not defined when power is first applied.

## Address Map

Figure 1 shows the address map for the DS3231 timekeeping registers. During a multibyte access, when the address pointer reaches the end of the register space (12h), it wraps around to location 00h. On an I<sup>2</sup>C START or address pointer incrementing to location 00h, the current time is transferred to a second set of registers. The time information is read from these secondary registers, while the clock may continue to run. This eliminates the need to reread the registers in case the main registers update during a read.

## I<sup>2</sup>C Interface

The I<sup>2</sup>C interface is accessible whenever either V<sub>CC</sub> or V<sub>BAT</sub> is at a valid level. If a microcontroller connected to the DS3231 resets because of a loss of V<sub>CC</sub> or other

event, it is possible that the microcontroller and DS3231 I<sup>2</sup>C communications could become unsynchronized, e.g., the microcontroller resets while reading data from the DS3231. When the microcontroller resets, the DS3231 I<sup>2</sup>C interface may be placed into a known state by toggling SCL until SDA is observed to be at a high level. At that point the microcontroller should pull SDA low while SCL is high, generating a START condition.

## Clock and Calendar

The time and calendar information is obtained by reading the appropriate register bytes. Figure 1 illustrates the RTC registers. The time and calendar data are set or initialized by writing the appropriate register bytes. The contents of the time and calendar registers are in

# Extremely Accurate I<sup>2</sup>C-Integrated RTC/TCXO/Crystal

the binary-coded decimal (BCD) format. The DS3231 can be run in either 12-hour or 24-hour mode. Bit 6 of the hours register is defined as the 12- or 24-hour mode select bit. When high, the 12-hour mode is selected. In the 12-hour mode, bit 5 is the AM/PM bit with logic-high being PM. In the 24-hour mode, bit 5 is the 20-hour bit (20–23 hours). The century bit (bit 7 of the month register) is toggled when the years register overflows from 99 to 00.

The day-of-week register increments at midnight. Values that correspond to the day of week are user-defined but must be sequential (i.e., if 1 equals Sunday, then 2 equals Monday, and so on). Illogical time and date entries result in undefined operation.

When reading or writing the time and date registers, secondary (user) buffers are used to prevent errors when the internal registers update. When reading the time and date registers, the user buffers are synchronized to the internal registers on any START and when the register pointer rolls over to zero. The time information is read from these secondary registers, while the clock continues to run. This eliminates the need to reread the registers in case the main registers update during a read.

The countdown chain is reset whenever the seconds register is written. Write transfers occur on the acknowledge from the DS3231. Once the countdown chain is reset, to avoid rollover issues the remaining time and date registers must be written within 1 second. The 1Hz square-wave output, if enabled, transitions high 500ms after the seconds data transfer, provided the oscillator is already running.

## Alarms

The DS3231 contains two time-of-day/date alarms. Alarm 1 can be set by writing to registers 07h to 0Ah. Alarm 2 can be set by writing to registers 0Bh to 0Dh. The alarms can be programmed (by the alarm enable and INTCN bits of the control register) to activate the INT/SQW output on an alarm match condition. Bit 7 of each of the time-of-day/date alarm registers are mask bits (Table 2). When all the mask bits for each alarm are logic 0, an alarm only occurs when the values in the timekeeping registers match the corresponding values stored in the time-of-day/date alarm registers. The alarms can also be programmed to repeat every second, minute, hour, day, or date. Table 2 shows the possible settings. Configurations not listed in the table will result in illogical operation.

The DY/DT̄ bits (bit 6 of the alarm day/date registers) control whether the alarm value stored in bits 0 to 5 of that register reflects the day of the week or the date of the month. If DY/DT̄ is written to logic 0, the alarm will be the result of a match with date of the month. If DY/DT̄ is written to logic 1, the alarm will be the result of a match with day of the week.

When the RTC register values match alarm register settings, the corresponding Alarm Flag 'A1F' or 'A2F' bit is set to logic 1. If the corresponding Alarm Interrupt Enable 'A1IE' or 'A2IE' is also set to logic 1 and the INTCN bit is set to logic 1, the alarm condition will activate the INT/SQW signal. The match is tested on the once-per-second update of the time and date registers.

**Table 2. Alarm Mask Bits**

DY/ $\overline{\text{DT}}$	ALARM 1 REGISTER MASK BITS (BIT 7)				ALARM RATE
	A1M4	A1M3	A1M2	A1M1	
X	1	1	1	1	Alarm once per second
X	1	1	1	0	Alarm when seconds match
X	1	1	0	0	Alarm when minutes and seconds match
X	1	0	0	0	Alarm when hours, minutes, and seconds match
0	0	0	0	0	Alarm when date, hours, minutes, and seconds match
1	0	0	0	0	Alarm when day, hours, minutes, and seconds match
DY/ $\overline{\text{DT}}$	ALARM 2 REGISTER MASK BITS (BIT 7)			ALARM RATE	
	A2M4	A2M3	A2M2		
X	1	1	1	Alarm once per minute (00 seconds of every minute)	
X	1	1	0	Alarm when minutes match	
X	1	0	0	Alarm when hours and minutes match	
0	0	0	0	Alarm when date, hours, and minutes match	
1	0	0	0	Alarm when day, hours, and minutes match	



# Extremely Accurate I<sup>2</sup>C-Integrated RTC/TCXO/Crystal

DS3231

## Control Register (0Eh)

	BIT 7	BIT 6	BIT 5	BIT 4	BIT 3	BIT 2	BIT 1	BIT 0
NAME:	$\overline{\text{EOSC}}$	BBSQW	CONV	RS2	RS1	INTCN	A2IE	A1IE
POR:	0	0	0	1	1	1	0	0

## Special-Purpose Registers

The DS3231 has two additional registers (control and status) that control the real-time clock, alarms, and square-wave output.

### Control Register (0Eh)

**Bit 7: Enable Oscillator ( $\overline{\text{EOSC}}$ ).** When set to logic 0, the oscillator is started. When set to logic 1, the oscillator is stopped when the DS3231 switches to V<sub>BAT</sub>. This bit is clear (logic 0) when power is first applied. When the DS3231 is powered by V<sub>CC</sub>, the oscillator is always on regardless of the status of the  $\overline{\text{EOSC}}$  bit. When  $\overline{\text{EOSC}}$  is disabled, all register data is static.

**Bit 6: Battery-Backed Square-Wave Enable (BBSQW).** When set to logic 1 with INTCN = 0 and V<sub>CC</sub> < V<sub>PF</sub>, this bit enables the square wave. When BBSQW is logic 0, the  $\overline{\text{INT}}/\text{SQW}$  pin goes high impedance when V<sub>CC</sub> < V<sub>PF</sub>. This bit is disabled (logic 0) when power is first applied.

**Bit 5: Convert Temperature (CONV).** Setting this bit to 1 forces the temperature sensor to convert the temperature into digital code and execute the TCXO algorithm to update the capacitance array to the oscillator. This can only happen when a conversion is not already in progress. The user should check the status bit BSY before forcing the controller to start a new TCXO execution. A user-initiated temperature conversion does not affect the internal 64-second update cycle.

A user-initiated temperature conversion does not affect the BSY bit for approximately 2ms. The CONV bit remains at a 1 from the time it is written until the conversion is finished, at which time both CONV and BSY go to 0. The CONV bit should be used when monitoring the status of a user-initiated conversion.

**Bits 4 and 3: Rate Select (RS2 and RS1).** These bits control the frequency of the square-wave output when the square wave has been enabled. The following table

## SQUARE-WAVE OUTPUT FREQUENCY

RS2	RS1	SQUARE-WAVE OUTPUT FREQUENCY
0	0	1Hz
0	1	1.024kHz
1	0	4.096kHz
1	1	8.192kHz

shows the square-wave frequencies that can be selected with the RS bits. These bits are both set to logic 1 (8.192kHz) when power is first applied.

**Bit 2: Interrupt Control (INTCN).** This bit controls the  $\overline{\text{INT}}/\text{SQW}$  signal. When the INTCN bit is set to logic 0, a square wave is output on the  $\overline{\text{INT}}/\text{SQW}$  pin. When the INTCN bit is set to logic 1, then a match between the timekeeping registers and either of the alarm registers activates the  $\overline{\text{INT}}/\text{SQW}$  output (if the alarm is also enabled). The corresponding alarm flag is always set regardless of the state of the INTCN bit. The INTCN bit is set to logic 1 when power is first applied.

**Bit 1: Alarm 2 Interrupt Enable (A2IE).** When set to logic 1, this bit permits the alarm 2 flag (A2F) bit in the status register to assert  $\overline{\text{INT}}/\text{SQW}$  (when INTCN = 1). When the A2IE bit is set to logic 0 or INTCN is set to logic 0, the A2F bit does not initiate an interrupt signal. The A2IE bit is disabled (logic 0) when power is first applied.

**Bit 0: Alarm 1 Interrupt Enable (A1IE).** When set to logic 1, this bit permits the alarm 1 flag (A1F) bit in the status register to assert  $\overline{\text{INT}}/\text{SQW}$  (when INTCN = 1). When the A1IE bit is set to logic 0 or INTCN is set to logic 0, the A1F bit does not initiate the  $\overline{\text{INT}}/\text{SQW}$  signal. The A1IE bit is disabled (logic 0) when power is first applied.

# Extremely Accurate I<sup>2</sup>C-Integrated RTC/TCXO/Crystal

## Status Register (0Fh)

	BIT 7	BIT 6	BIT 5	BIT 4	BIT 3	BIT 2	BIT 1	BIT 0
NAME:	OSF	0	0	0	EN32kHz	BSY	A2F	A1F
POR:	1	0	0	0	1	X	X	X

## Status Register (0Fh)

**Bit 7: Oscillator Stop Flag (OSF).** A logic 1 in this bit indicates that the oscillator either is stopped or was stopped for some period and may be used to judge the validity of the timekeeping data. This bit is set to logic 1 any time that the oscillator stops. The following are examples of conditions that can cause the OSF bit to be set:

- 1) The first time power is applied.
- 2) The voltages present on both VCC and VBAT are insufficient to support oscillation.
- 3) The  $\overline{\text{EOSC}}$  bit is turned off in battery-backed mode.
- 4) External influences on the crystal (i.e., noise, leakage, etc.).

This bit remains at logic 1 until written to logic 0.

**Bit 3: Enable 32kHz Output (EN32kHz).** This bit controls the status of the 32kHz pin. When set to logic 1, the 32kHz pin is enabled and outputs a 32.768kHz square-wave signal. When set to logic 0, the 32kHz pin goes to a high-impedance state. The initial power-up state of this bit is logic 1, and a 32.768kHz square-wave signal appears at the 32kHz pin after a power source is applied to the DS3231 (if the oscillator is running).

**Bit 2: Busy (BSY).** This bit indicates the device is busy executing TCXO functions. It goes to logic 1 when the conversion signal to the temperature sensor is asserted and then is cleared when the device is in the 1-minute idle state.

**Bit 1: Alarm 2 Flag (A2F).** A logic 1 in the alarm 2 flag bit indicates that the time matched the alarm 2 registers. If the A2IE bit is logic 1 and the INTCN bit is set to logic 1, the INT/SQW pin is also asserted. A2F is cleared when written to logic 0. This bit can only be written to logic 0. Attempting to write to logic 1 leaves the value unchanged.

**Bit 0: Alarm 1 Flag (A1F).** A logic 1 in the alarm 1 flag bit indicates that the time matched the alarm 1 regis-

ters. If the A1IE bit is logic 1 and the INTCN bit is set to logic 1, the INT/SQW pin is also asserted. A1F is cleared when written to logic 0. This bit can only be written to logic 0. Attempting to write to logic 1 leaves the value unchanged.

## Aging Offset

The aging offset register takes a user-provided value to add to or subtract from the codes in the capacitance array registers. The code is encoded in two's complement, with bit 7 representing the sign bit. One LSB represents one small capacitor to be switched in or out of the capacitance array at the crystal pins. The aging offset register capacitance value is added or subtracted from the capacitance value that the device calculates for each temperature compensation. The offset register is added to the capacitance array during a normal temperature conversion, if the temperature changes from the previous conversion, or during a manual user conversion (setting the CONV bit). To see the effects of the aging register on the 32kHz output frequency immediately, a manual conversion should be started after each aging register change.

Positive aging values add capacitance to the array, slowing the oscillator frequency. Negative values remove capacitance from the array, increasing the oscillator frequency.

The change in ppm per LSB is different at different temperatures. The frequency vs. temperature curve is shifted by the values used in this register. At +25°C, one LSB typically provides about 0.1ppm change in frequency.

Use of the aging register is not needed to achieve the accuracy as defined in the EC tables, but could be used to help compensate for aging at a given temperature. See the *Typical Operating Characteristics* section for a graph showing the effect of the register on accuracy over temperature.

## Aging Offset (10h)

	BIT 7	BIT 6	BIT 5	BIT 4	BIT 3	BIT 2	BIT 1	BIT 0
NAME:	Sign	Data	Data	Data	Data	Data	Data	Data
POR:	0	0	0	0	0	0	0	0

# Extremely Accurate I<sup>2</sup>C-Integrated RTC/TCXO/Crystal

## Temperature Register (Upper Byte) (11h)

	BIT 7	BIT 6	BIT 5	BIT 4	BIT 3	BIT 2	BIT 1	BIT 0
NAME:	Sign	Data	Data	Data	Data	Data	Data	Data
POR:	0	0	0	0	0	0	0	0

## Temperature Register (Lower Byte) (12h)

	BIT 7	BIT 6	BIT 5	BIT 4	BIT 3	BIT 2	BIT 1	BIT 0
NAME:	Data	Data	0	0	0	0	0	0
POR:	0	0	0	0	0	0	0	0

## Temperature Registers (11h–12h)

Temperature is represented as a 10-bit code with a resolution of 0.25°C and is accessible at location 11h and 12h. The temperature is encoded in two's complement format. The upper 8 bits, the integer portion, are at location 11h and the lower 2 bits, the fractional portion, are in the upper nibble at location 12h. For example, 00011001 01b = +25.25°C. Upon power reset, the registers are set to a default temperature of 0°C and the controller starts a temperature conversion. The temperature is read on initial application of V<sub>CC</sub> or I<sup>2</sup>C access on V<sub>BAT</sub> and once every 64 seconds afterwards. The temperature registers are updated after each user-initiated conversion and on every 64-second conversion. The temperature registers are read-only.

## I<sup>2</sup>C Serial Data Bus

The DS3231 supports a bidirectional I<sup>2</sup>C bus and data transmission protocol. A device that sends data onto the bus is defined as a transmitter and a device receiving data is defined as a receiver. The device that controls the message is called a master. The devices that are controlled by the master are slaves. The bus must be controlled by a master device that generates the serial clock (SCL), controls the bus access, and generates the START and STOP conditions. The DS3231 operates as a slave on the I<sup>2</sup>C bus. Connections to the bus are made through the SCL input and open-drain SDA I/O lines. Within the bus specifications, a standard mode (100kHz maximum clock rate) and a fast mode (400kHz maximum clock rate) are defined. The DS3231 works in both modes.

The following bus protocol has been defined (Figure 2):

- Data transfer may be initiated only when the bus is not busy.
- During data transfer, the data line must remain stable whenever the clock line is high. Changes in the data

line while the clock line is high are interpreted as control signals.

Accordingly, the following bus conditions have been defined:

**Bus not busy:** Both data and clock lines remain high.

**START data transfer:** A change in the state of the data line from high to low, while the clock line is high, defines a START condition.

**STOP data transfer:** A change in the state of the data line from low to high, while the clock line is high, defines a STOP condition.

**Data valid:** The state of the data line represents valid data when, after a START condition, the data line is stable for the duration of the high period of the clock signal. The data on the line must be changed during the low period of the clock signal. There is one clock pulse per bit of data.

Each data transfer is initiated with a START condition and terminated with a STOP condition. The number of data bytes transferred between the START and the STOP conditions is not limited, and is determined by the master device. The information is transferred byte-wise and each receiver acknowledges with a ninth bit.

**Acknowledge:** Each receiving device, when addressed, is obliged to generate an acknowledge after the reception of each byte. The master device must generate an extra clock pulse, which is associated with this acknowledge bit.

A device that acknowledges must pull down the SDA line during the acknowledge clock pulse in such a way that the SDA line is stable low during the high period of the acknowledge-related clock pulse. Of course, setup and hold times must be taken into account. A master must signal an end of data to the

# Extremely Accurate I<sup>2</sup>C-Integrated RTC/TCXO/Crystal

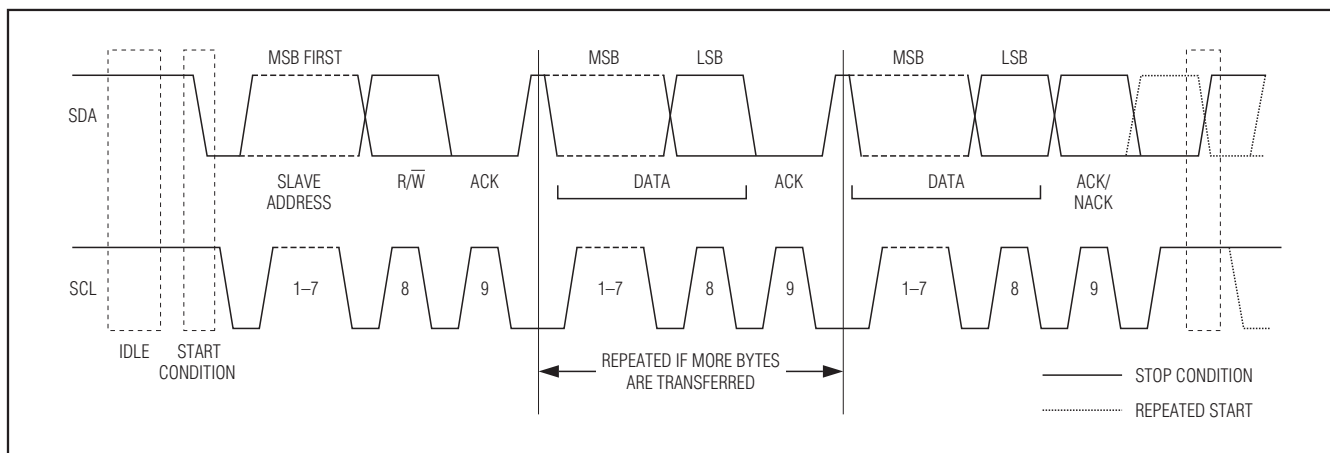


Figure 2. I<sup>2</sup>C Data Transfer Overview

slave by not generating an acknowledge bit on the last byte that has been clocked out of the slave. In this case, the slave must leave the data line high to enable the master to generate the STOP condition.

Figures 3 and 4 detail how data transfer is accomplished on the I<sup>2</sup>C bus. Depending upon the state of the R/W bit, two types of data transfer are possible:

**Data transfer from a master transmitter to a slave receiver.** The first byte transmitted by the master is

the slave address. Next follows a number of data bytes. The slave returns an acknowledge bit after each received byte. Data is transferred with the most significant bit (MSB) first.

**Data transfer from a slave transmitter to a master receiver.** The first byte (the slave address) is transmitted by the master. The slave then returns an acknowledge bit. Next follows a number of data bytes transmitted by the slave to the master. The

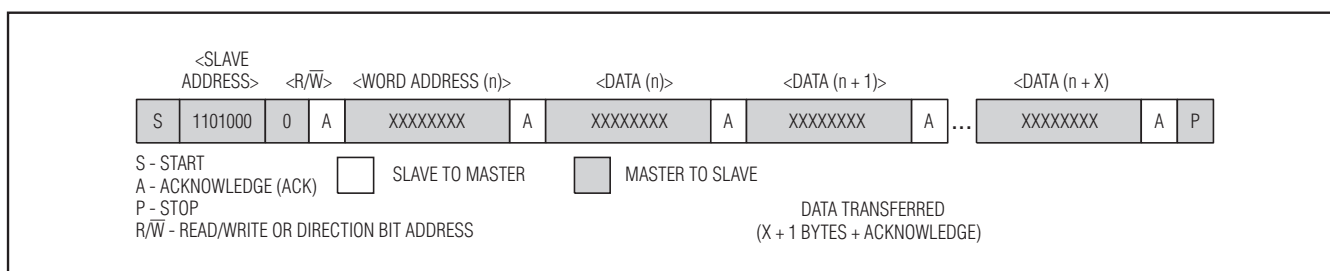


Figure 3. Data Write—Slave Receiver Mode

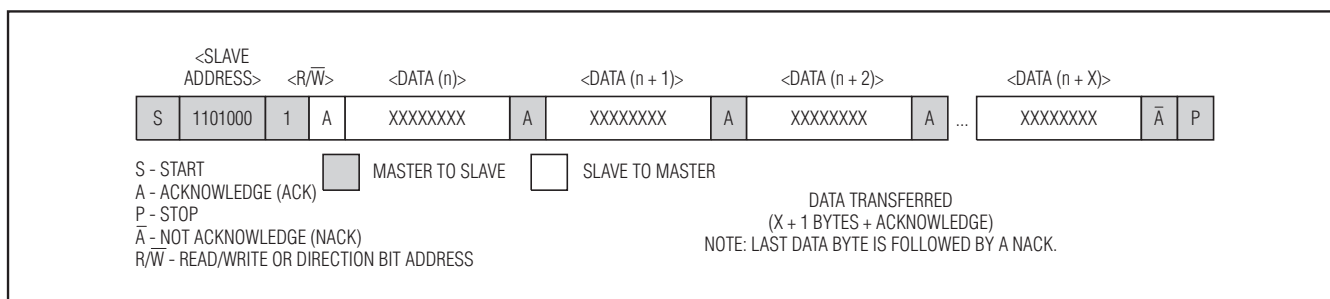


Figure 4. Data Read—Slave Transmitter Mode

# Extremely Accurate I<sup>2</sup>C-Integrated RTC/TCXO/Crystal

DS3231

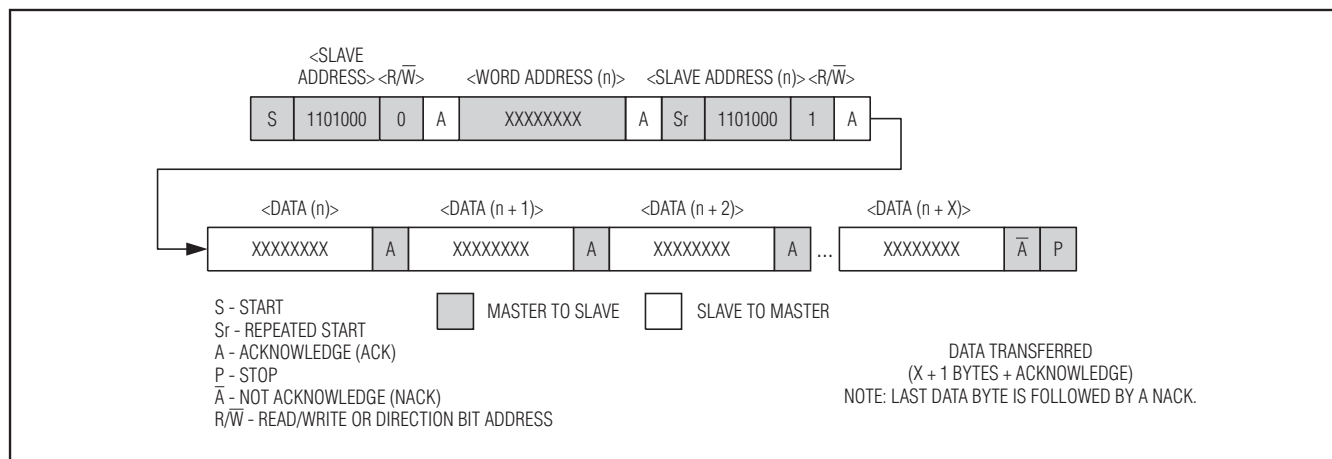


Figure 5. Data Write/Read (Write Pointer, Then Read)—Slave Receive and Transmit

master returns an acknowledge bit after all received bytes other than the last byte. At the end of the last received byte, a not acknowledge is returned.

The master device generates all the serial clock pulses and the START and STOP conditions. A transfer is ended with a STOP condition or with a repeated START condition. Since a repeated START condition is also the beginning of the next serial transfer, the bus will not be released. Data is transferred with the most significant bit (MSB) first.

The DS3231 can operate in the following two modes:

**Slave receiver mode (DS3231 write mode):** Serial data and clock are received through SDA and SCL. After each byte is received, an acknowledge bit is transmitted. START and STOP conditions are recognized as the beginning and end of a serial transfer. Address recognition is performed by hardware after reception of the slave address and direction bit. The slave address byte is the first byte received after the master generates the START condition. The slave address byte contains the 7-bit DS3231 address, which is 1101000, followed by the direction bit (R/W), which is 0 for a write. After receiving and decoding the slave address byte, the DS3231 outputs an acknowledge on SDA. After the DS3231 acknowledges the slave address + write bit, the master transmits a word address to the DS3231. This sets the register pointer on the DS3231, with the DS3231

acknowledging the transfer. The master may then transmit zero or more bytes of data, with the DS3231 acknowledging each byte received. The register pointer increments after each data byte is transferred. The master generates a STOP condition to terminate the data write.

**Slave transmitter mode (DS3231 read mode):** The first byte is received and handled as in the slave receiver mode. However, in this mode, the direction bit indicates that the transfer direction is reversed. Serial data is transmitted on SDA by the DS3231 while the serial clock is input on SCL. START and STOP conditions are recognized as the beginning and end of a serial transfer. Address recognition is performed by hardware after reception of the slave address and direction bit. The slave address byte is the first byte received after the master generates a START condition. The slave address byte contains the 7-bit DS3231 address, which is 1101000, followed by the direction bit (R/W), which is 1 for a read. After receiving and decoding the slave address byte, the DS3231 outputs an acknowledge on SDA. The DS3231 then begins to transmit data starting with the register address pointed to by the register pointer. If the register pointer is not written to before the initiation of a read mode, the first address that is read is the last one stored in the register pointer. The DS3231 must receive a not acknowledge to end a read.

# Extremely Accurate I<sup>2</sup>C-Integrated RTC/TCXO/Crystal

## Handling, PC Board Layout, and Assembly

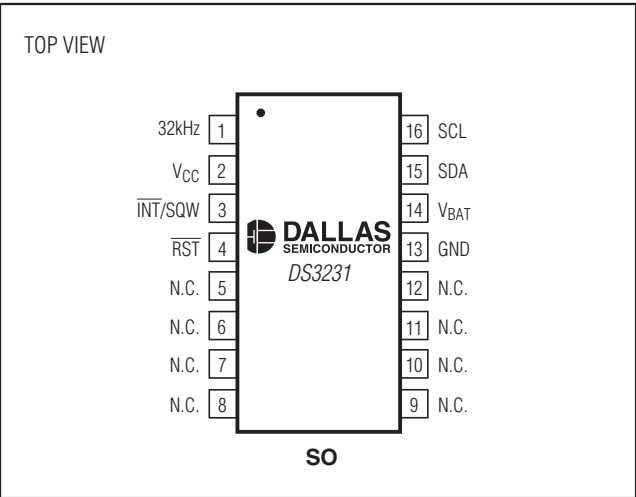
The DS3231 package contains a quartz tuning-fork crystal. Pick-and-place equipment can be used, but precautions should be taken to ensure that excessive shocks are avoided. Ultrasonic cleaning should be avoided to prevent damage to the crystal.

Avoid running signal traces under the package, unless a ground plane is placed between the package and the

signal line. All N.C. (no connect) pins must be connected to ground.

Moisture-sensitive packages are shipped from the factory dry packed. Handling instructions listed on the package label must be followed to prevent damage during reflow. Refer to the IPC/JEDEC J-STD-020 standard for moisture-sensitive device (MSD) classifications and reflow profiles. Exposure to reflow is limited to 2 times maximum.

## Pin Configuration



## Chip Information

SUBSTRATE CONNECTED TO GROUND

PROCESS: CMOS

## Package Information

For the latest package outline information and land patterns, go to [www.maxim-ic.com/packages](http://www.maxim-ic.com/packages). Note that a "+", "#", or "-" in the package code indicates RoHS status only. Package drawings may show a different suffix character, but the drawing pertains to the package regardless of RoHS status.

PACKAGE TYPE	PACKAGE CODE	OUTLINE NO.	LAND PATTERN NO.
16 SO	W16#H2	<a href="#">21-0042</a>	<a href="#">90-0107</a>



# Extremely Accurate I<sup>2</sup>C-Integrated RTC/TCXO/Crystal

## Revision History

REVISION NUMBER	REVISION DATE	DESCRIPTION	PAGES CHANGED
0	1/05	Initial release.	—
1	2/05	Changed Digital Temp Sensor Output from $\pm 2^{\circ}\text{C}$ to $\pm 3^{\circ}\text{C}$ .	1, 3
		Updated <i>Typical Operating Circuit</i> .	1
		Changed $T_A = -40^{\circ}\text{C}$ to $+85^{\circ}\text{C}$ to $T_A = T_{\text{MIN}}$ to $T_{\text{MAX}}$ .	2, 3, 4
		Updated <i>Block Diagram</i> .	8
2	6/05	Added “UL Recognized” to <i>Features</i> ; added lead-free packages and removed S from top mark info in <i>Ordering Information</i> table; added ground connections to the N.C. pin in the <i>Typical Operating Circuit</i> .	1
		Added “noncondensing” to operating temperature range; changed $V_{\text{PF}}$ MIN from 2.35V to 2.45V.	2
		Added aging offset specification.	3
		Relabeled TOC4.	7
		Added arrow showing input on X1 in the <i>Block Diagram</i> .	8
		Updated pin descriptions for $V_{\text{CC}}$ and $V_{\text{BAT}}$ .	9
		Added the <i>I<sup>2</sup>C Interface</i> section.	10
		<i>Figure 1</i> : Added sign bit to aging and temperature registers; added MSB and LSB.	11
		Corrected title for rate select bits frequency table.	13
		Added note that frequency stability over temperature spec is with aging offset register = 00h; changed bit 7 from Data to Sign (Crystal Aging Offset Register).	14
		Changed bit 7 from Data to Sign (Temperature Register); correct pin definitions in <i>I<sup>2</sup>C Serial Data Bus</i> section.	15
		Modified the <i>Handling, PC Board Layout, and Assembly</i> section to refer to J-STD-020 for reflow profiles for lead-free and leaded packages.	17
3	11/05	Changed lead-free packages to RoHS-compliant packages.	1
4	10/06	Changed $\overline{\text{RST}}$ and UL bullets in <i>Features</i> .	1
		Changed EC condition “ $V_{\text{CC}} > V_{\text{BAT}}$ ” to “ $V_{\text{CC}} = \text{Active Supply}$ (see Table 1).”	2, 3
		Modified Note 12 to correct $t_{\text{REC}}$ operation.	6
		Added various conditions text to TOCs 1, 2, and 3.	7
		Added text to pin descriptions for 32kHz, $V_{\text{CC}}$ , and $\overline{\text{RST}}$ .	9
		Table 1: Changed column heading “Powered By” to “Active Supply”; changed “applied” to “exceeds $V_{\text{PF}}$ ” in the <i>Power Control</i> section.	10
		Indicated BBSQW applies to both SQW and interrupts; simplified temp convert description (bit 5); added “output” to $\overline{\text{INT}}/\text{SQW}$ (bit 2).	13
		Changed the <i>Crystal Aging</i> section to the <i>Aging Offset</i> section; changed “this bit indicates” to “this bit controls” for the enable 32kHz output bit.	14
5	4/08	Added Warning note to EC table notes; updated Note 12.	6
		Updated the <i>Typical Operating Characteristics</i> graphs.	7
		In the <i>Power Control</i> section, added information about the POR state of the time and date registers; in the <i>Real-Time Clock</i> section, added to the description of the RST function.	10
		In Figure 1, corrected the months date range for 04h from 00–31 to 01–31.	11

DS3231

# Extremely Accurate I<sup>2</sup>C-Integrated RTC/TCXO/Crystal

## Revision History (continued)

REVISION NUMBER	REVISION DATE	DESCRIPTION	PAGES CHANGED
6	10/08	Updated the <i>Typical Operating Circuit</i> .	1
		Removed the $V_{PU}$ parameter from the <i>Recommended DC Operating Conditions</i> table and added verbiage about the pullup to the <i>Pin Description</i> table for $\overline{INT}/SQW$ , SDA, and SCL.	2, 9
		Added the Delta Time and Frequency vs. Temperature graph in the <i>Typical Operating Characteristics</i> section.	7
		Updated the <i>Block Diagram</i> .	8
		Added the $V_{BAT}$ Operation section, improved some sections of text for the 32kHz TCXO and Pushbutton Reset Function sections.	10
		Added the register bit POR values to the register tables.	13, 14, 15
		Updated the <i>Aging Offset</i> and <i>Temperature Registers (11h–12h)</i> sections.	14, 15
		Updated the I <sup>2</sup> C timing diagrams (Figures 3, 4, and 5).	16, 17
7	3/10	Removed the “S” from the top mark in the <i>Ordering Information</i> table and the <i>Pin Configuration</i> to match the packaging engineering marking specification.	1, 18
8	7/10	Updated the <i>Typical Operating Circuit</i> ; removed the “Top Mark” column from the <i>Ordering Information</i> ; in the <i>Absolute Maximum Ratings</i> section, added the theta-JA and theta-JC thermal resistances and Note 1, and changed the soldering temperature to +260°C (lead(Pb)-free) and +240°C (leaded); updated the functional description of the $V_{BAT}$ pin in the <i>Pin Description</i> ; changed the timekeeping registers 02h, 09h, and 0Ch to “20 Hour” in Bit 5 of Figure 1; added the land pattern no. to the <i>Package Information</i> table.	1, 2, 3, 4, 6, 9, 11, 12, 18

Maxim cannot assume responsibility for use of any circuitry other than circuitry entirely embodied in a Maxim product. No circuit patent licenses are implied. Maxim reserves the right to change the circuitry and specifications without notice at any time.

20 **Maxim Integrated Products, 120 San Gabriel Drive, Sunnyvale, CA 94086 408-737-7600**

© 2010 Maxim Integrated Products

Maxim is a registered trademark of Maxim Integrated Products, Inc.



DALLAS SEMICONDUCTOR is a registered trademark of Maxim Integrated Products, Inc.



# ANEXO 09

**DECRETO SUPREMO N° 020-2007-MTC****Enlace Web: EXPOSICIÓN DE MOTIVOS - PDF.**

**(\*) De conformidad con la Cuarta Disposición Complementaria Transitoria de la Ley N° 30216, publicada el 02 julio 2014, se dispone que se proceda a la restitución de la vigencia de las autorizaciones para la prestación del servicio de radiodifusión dejadas sin efecto y/o extinguidas de pleno derecho, por haberse incurrido en las causales relacionadas con el cumplimiento de las obligaciones del período de instalación y prueba y las obligaciones económicas derivadas de la autorización, previstas en el Reglamento General de la Ley de Telecomunicaciones aprobado por el Decreto Supremo 06-94-TCC, siempre que la persona natural o jurídica presente solicitud de acogimiento dentro de los sesenta (60) días hábiles siguientes de la entrada en vigencia de la presente norma y se cumplan, de manera conjunta, las condiciones indicadas en la citada disposición.**

**CONCORDANCIAS(1)****EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA****CONSIDERANDO:**

Que, por Decreto Supremo N° 027-2004-MTC, se aprobó el Texto Único Ordenado del Reglamento General de la Ley de Telecomunicaciones, el mismo que ha sido modificado mediante Decretos Supremos N°s 040-2004-MTC, 022-2005-MTC, 030-2005-MTC, 031-2006-MTC, 041-2006-MTC y 008-2007-MTC;

Que, la Décimo Cuarta Disposición Final y Transitoria del Reglamento de la Ley N° 28278, Ley de Radio y Televisión, aprobado por Decreto Supremo N° 005-2005-MTC, deroga las disposiciones del Decreto Supremo N° 027-2004-MTC en la parte relativa a los servicios de radiodifusión;

Que, asimismo, la Primera Disposición Transitoria de la Ley N° 28737, Ley Que Establece La Concesión Única Para La Prestación De Servicios Públicos De Telecomunicaciones, dispuso la adecuación del Texto Único Ordenado del Reglamento General de la Ley de Telecomunicaciones, aprobado por Decreto Supremo N° 027-2004-MTC, a las nuevas disposiciones establecidas en la citada Ley;

Que, mediante Decreto Supremo N° 041-2006-MTC se reglamentó la Ley N° 28737, lo cual hace necesario adecuar el texto de los artículos 4, 144 numeral 8 y 159- A, así como de la décimo octava disposición transitoria y final del Texto Único Ordenado del Reglamento General de la Ley de Telecomunicaciones;

Que, en virtud del Decreto Supremo N° 041-2006-MTC, es necesario también incorporar al nuevo Texto Único Ordenado del Reglamento General de la Ley de Telecomunicaciones las disposiciones complementarias y transitorias del referido Decreto Supremo; así como precisar la denominación del Subtítulo II del Título II de la Sección Tercera;

Que, por otro lado, se debe adecuar el texto del artículo 132 y el literal b) del artículo 133 del Texto Único Ordenado del Reglamento General de la Ley de Telecomunicaciones a las disposiciones del Decreto Supremo N° 038-2006-MTC; así como el texto de los artículos 145, 145 A y 209-A del referido Texto Único Ordenado a los lineamientos a que se refiere el Decreto Supremo N° 003-2007-MTC;

Que, debe reformularse el texto de los artículos 245, 246 y 247 del Texto Único Ordenado del Reglamento General de la Ley de Telecomunicaciones a las disposiciones de la Ley N° 28900, Ley que Otorga al Fondo de Inversión en Telecomunicaciones la Calidad de Persona Jurídica de Derecho

Público, y su Reglamento, aprobado por Decreto Supremo N° 010-2007-MTC;

Que, en atención a la modificación de la definición de plan mínimo de expansión por plan de cobertura prevista en el Decreto Supremo N° 030-2005-MTC, se debe adecuar el texto del artículo 125, de la decimoquinta disposición transitoria y final y la definición contenida en el Glosario de Términos del Texto Único Ordenado del Reglamento General de la Ley de Telecomunicaciones;

Que, si bien la primera, segunda, quinta, sexta, séptima, novena, décima, duodécima, decimotercera, decimocuarta, decimoctava y decimonovena disposiciones transitorias y finales del Texto Único Ordenado del Reglamento General de la Ley de Telecomunicaciones aprobado por Decreto Supremo N° 027-2004-MTC, se encuentran tácitamente derogadas, es necesario que ello se efectúe de manera expresa, dado que a la fecha estas disposiciones han perdido su vigencia;

Que, por las consideraciones antes expuestas, se requiere aprobar un nuevo Texto Único Ordenado del Reglamento General de la Ley de Telecomunicaciones, a fin de consolidar las modificaciones efectuadas a la fecha y recopilar la normativa vigente en un solo texto;

Que, teniendo en cuenta la aprobación del nuevo Texto Único Ordenado del Reglamento General de la Ley de Telecomunicaciones, se requiere derogar los Decretos Supremos N°s 040-2004-MTC, 030-2005-MTC, 031-2006-MTC y 041-2006-MTC;

De conformidad con el numeral 8 del artículo 118 de la Constitución Política del Perú, la Primera Disposición Final de la Ley 28737 y la Ley N° 27791 - Ley de Organización y Funciones del Ministerio de Transportes y Comunicaciones;

DECRETA:

**Artículo 1.-** De conformidad con lo expuesto en la parte considerativa de la presente norma, apruébese el nuevo Texto Único Ordenado del Reglamento General de la Ley de Telecomunicaciones, el mismo que consta de doscientos setenta y un (271) artículos, diecisiete (17) Disposiciones Complementarias Finales y una (1) Disposición Complementaria Transitoria, comprendidos en cinco (05) Secciones y un (01) anexo, el cual forma parte integrante del presente Decreto Supremo.

**Artículo 2.-** Deróguese el Decreto Supremo N° 035-91-TC que aprobó el Reglamento de Circuito Cerrado de Televisión, así como los Decretos Supremos N°s 027-2004-MTC, 040-2004-MTC, 030-2005-MTC, 031-2006-MTC y 041-2006-MTC, y todas las normas que se opongan al presente decreto.

**Artículo 3.-** El presente Decreto Supremo será refrendado por la Ministra de Transportes y Comunicaciones.

Dado en la Casa de Gobierno, en Lima, a los tres días del mes de julio del año dos mil siete.

ALAN GARCÍA PÉREZ  
Presidente Constitucional de la República

VERONICA ZAVALA LOMBARDI  
Ministra de Transportes y Comunicaciones

## TEXTO ÚNICO ORDENADO DEL REGLAMENTO GENERAL DE LA LEY DE TELECOMUNICACIONES

### NORMAS PRELIMINARES

**Artículo 1.- Ámbito de aplicación**

El presente Reglamento establece las disposiciones generales para la prestación de los servicios de telecomunicaciones, la administración del espectro radioeléctrico, la normalización y homologación de equipos y aparatos de telecomunicaciones y la regulación del mercado de servicios, a fin de que éstos se lleven a cabo cumpliendo los objetivos y principios establecidos en la Ley de Telecomunicaciones.

**Artículo 2.- Facultades del Ministerio**

El Ministerio de Transportes y Comunicaciones está facultado para dictar los Reglamentos Específicos y demás disposiciones complementarias que resulten necesarias para el cumplimiento de la Ley de Telecomunicaciones y del presente Reglamento.

La prestación de teleservicios o servicios finales públicos de telecomunicaciones, será reglamentada por el Ministerio a propuesta de Osiptel.

**Artículo 3.- Definiciones**

Para efectos de este Reglamento, entiéndase por:

Ley	La Ley de Telecomunicaciones
Reglamento	El presente Reglamento General de la Ley de Telecomunicaciones.
Ministerio	El Ministerio de Transportes y Comunicaciones.
Osiptel	El Organismo Supervisor de Inversión Privada en Telecomunicaciones.
Órgano competente	El que corresponda, de acuerdo a las funciones asignadas en el Reglamento de Organización y Funciones del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.
Dirección de Gestión	Dirección General de Gestión de Telecomunicaciones
Dirección de Control	Dirección General de Control y Supervisión de Telecomunicaciones
Fitel	Fondo de Inversión en Telecomunicaciones
PNAF	Plan Nacional de Atribución de Frecuencias
UIT	Unidad Impositiva Tributaria
Espectro	Espectro radioeléctrico

Asimismo, cuando se haga referencia a un artículo sin indicar a continuación el dispositivo al cual pertenece, se entenderá referido al presente Reglamento.

**Artículo 4.- Audiencias públicas**

El Ministerio podrá establecer el procedimiento para las audiencias públicas que prevé este Reglamento en los artículos 5, 20, 27 en el documento de convocatoria respectivo.

**Artículo 5.- Glosario de Términos**

El Glosario de Términos contenido en el Anexo forma parte integrante del Reglamento.

Las ampliaciones de los términos contenidos en el Glosario serán aprobadas por el Titular del Ministerio y las modificaciones a las definiciones de dichos términos se efectuarán mediante Decreto Supremo y previa audiencia pública cuando el Ministerio u Osiptel, en el caso de servicios públicos, consideren necesario recoger aportes de personas e instituciones especializadas.

Los términos no contenidos en dicho Glosario que se utilizan en el presente Reglamento tendrán el significado adoptado por el Convenio Internacional de la Unión Internacional de Telecomunicaciones.

## **SECCIÓN PRIMERA**

### **DE LAS NORMAS GENERALES**

#### **Artículo 6.- Régimen de libre competencia**

Los servicios de telecomunicaciones se prestan en un régimen de libre competencia. A tal efecto están prohibidas las prácticas empresariales restrictivas de la leal competencia, entendiéndose por tales, entre otros, los acuerdos, actuaciones paralelas o prácticas concertadas entre empresas que produzcan o puedan producir el efecto de restringir, impedir o falsear la competencia.

Los titulares de concesiones y autorizaciones, en ningún caso podrán aplicar prácticas monopólicas restrictivas de la libre competencia, que impidan una competencia sobre bases equitativas con otros titulares de concesiones y autorizaciones de servicios de telecomunicaciones.

#### **Artículo 7.- Convergencia de servicios**

El Estado ejerce una función promotora y facilitadora respecto al desarrollo de tecnologías de punta, propendiendo, en lo posible, a la convergencia de servicios y tecnologías, con la finalidad de otorgar mayores beneficios a la sociedad.

#### **Artículo 8.- Tecnologías de la Información y Comunicación (TICs)**

El Estado promueve el desarrollo de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TICs), como soporte de la Sociedad Global de la Información. En este sentido, adoptará las medidas necesarias para el crecimiento, expansión y democratización del uso de las Tecnologías de la Información y Comunicación.

#### **Artículo 9.- Principio de servicio con equidad**

En virtud del principio de servicio con equidad se promueve la integración de los lugares más apartados de los centros urbanos, así como de las áreas rurales y lugares de preferente interés social, mediante el acceso universal.

Entiéndase por acceso universal al acceso en el territorio nacional a un conjunto de servicios públicos de telecomunicaciones esenciales.

Son servicios públicos de telecomunicaciones esenciales, los disponibles para la mayoría de usuarios y que son provistos por los operadores de servicios públicos de telecomunicaciones.

El Estado promueve y financia el acceso universal mediante el Fitel.

#### **Artículo 10.- Principio de no discriminación**

El acceso a la utilización y prestación de los servicios de telecomunicaciones está sujeto al principio de no discriminación; por lo tanto, las empresas prestadoras de dichos servicios, de acuerdo a la oferta disponible, no pueden negar el servicio a ninguna persona natural o jurídica que cumpla con las condiciones establecidas para dicho servicio.

#### **CONCORDANCIAS CON EL TLC PERÚ - ESTADOS UNIDOS DE NORTEAMÉRICA(2)**

#### **Artículo 11.- Principio de neutralidad**

Por el principio de neutralidad, el concesionario de un servicio de telecomunicaciones, que es soporte de otros servicios o que tiene una posición dominante en el mercado, está obligado a no utilizar tales situaciones para prestar simultáneamente otros servicios de telecomunicaciones en condiciones de mayor ventaja y en detrimento de sus competidores, mediante prácticas restrictivas de la libre y leal competencia, tales como limitar el acceso a la interconexión o afectar la calidad del servicio.

#### **CONCORDANCIAS CON EL TLC PERÚ - ESTADOS UNIDOS DE NORTEAMÉRICA(3)**

### **Artículo 12.- Proyectos de telecomunicaciones**

El Ministerio promoverá y desarrollará proyectos de telecomunicaciones, incluyendo proyectos piloto, especialmente aquellos dirigidos a cumplir con los fines del acceso universal y que tengan como finalidad impulsar el acceso a las Tecnologías de la Información y Comunicación (TICs) y el desarrollo de la Sociedad Global de la Información y el Conocimiento.

El Ministerio elaborará el reglamento correspondiente.

### **Artículo 13.- Inviolabilidad y secreto de las telecomunicaciones**

Se atenta contra la inviolabilidad y el secreto de las telecomunicaciones, cuando deliberadamente una persona que no es quien origina ni es el destinatario de la comunicación, sustrae, intercepta, interfiere, cambia o altera su texto, desvía su curso, publica, divulga, utiliza, trata de conocer o facilitar que él mismo u otra persona, conozca la existencia o el contenido de cualquier comunicación.

Las personas que en razón de su función tienen conocimiento o acceso al contenido de una comunicación cursada a través de los servicios públicos de telecomunicaciones, están obligadas a preservar la inviolabilidad y el secreto de la misma.

Los concesionarios de servicios públicos de telecomunicaciones están obligados a salvaguardar el secreto de las telecomunicaciones y la protección de datos personales, adoptar las medidas y procedimientos razonables para garantizar la inviolabilidad y el secreto de las comunicaciones cursadas a través de tales servicios, así como mantener la confidencialidad de la información personal relativa a sus usuarios que se obtenga en el curso de sus negocios, salvo consentimiento previo, expreso y por escrito de sus usuarios y demás partes involucradas o por mandato judicial.

Los titulares de servicios privados de telecomunicaciones deberán adoptar sus propias medidas de seguridad sobre inviolabilidad y secreto de las telecomunicaciones.

El Ministerio podrá emitir las disposiciones que sean necesarias para precisar los alcances del presente artículo.

**CONCORDANCIAS:** R.M. N° 111-2009-MTC-03 ("Norma que establece medidas destinadas a salvaguardar el derecho a la inviolabilidad y el secreto de las telecomunicaciones y la protección de datos personales, y regula las acciones de supervisión y control a cargo del Ministerio de Transportes y Comunicaciones")

CONCORDANCIAS CON EL TLC PERÚ - ESTADOS UNIDOS DE NORTEAMÉRICA(4)

### **Artículo 14.- Principio de preeminencia de los servicios**

Los servicios públicos de telecomunicaciones, tienen preeminencia sobre los servicios privados de telecomunicaciones. Este principio es aplicable en todos los actos de otorgamiento de concesiones, autorizaciones, asignación de frecuencias y, en general, en todas aquellas situaciones en las que la autoridad de telecomunicaciones tiene que decidir, de manera excluyente, entre ambas clases de servicios.

### **Artículo 15.- Responsabilidad del abonado**

El abonado titular de un servicio público de telecomunicaciones, es responsable del uso que se haga del mismo.

### **Artículo 16.- Representación del Ministerio**

El Ministerio en su calidad de representante del Estado ante las organizaciones internacionales de telecomunicaciones, podrá delegar su representación en casos específicos.

**Artículo 17.- Obligaciones en lugares donde no funcionan servicios públicos de telecomunicaciones**

Las personas naturales o jurídicas autorizadas para operar servicios privados de radiocomunicación, en lugares donde no funcionan servicios públicos de telecomunicaciones, están obligadas a cursar mensajes de las autoridades o de terceros, cuando sea necesario proteger la vida humana, mantener el orden público, garantizar la seguridad de los recursos naturales y de los bienes públicos o privados.

En tal caso, se debe preservar la inviolabilidad y secreto de las comunicaciones que curse, por lo que será de aplicación lo previsto en el artículo 13.

**Artículo 18.- Obligaciones en casos de estados de excepción**

En los estados de excepción contemplados en la Constitución y declarados conforme a ley, todos los operadores de servicios portadores y teleservicios o servicios finales deben otorgar prioridad a la transmisión de voz y data, necesaria para los medios de comunicación de los Sistemas de Defensa Nacional y Defensa Civil.

En caso de guerra exterior, declarada conforme a ley, el Consejo de Defensa Nacional a través del Comando Conjunto de las Fuerzas Armadas, podrá asumir el control directo de los servicios de telecomunicaciones, así como dictar disposiciones de tipo operativo.

Para atender dichos requerimientos, el operador del servicio de telecomunicaciones podrá suspender o restringir parte de los servicios autorizados, en coordinación previa con el Ministerio y los Sistemas de Defensa Nacional y Civil.

Para dichos fines, el Ministerio comunicará a los órganos competentes de los Sistemas de Defensa precitados, las concesiones, autorizaciones, permisos y licencias que otorga, así como sus cancelaciones.

**Artículo 19.- Obligaciones en casos de emergencia**

En caso de producirse una situación de emergencia o crisis local, regional o nacional, tales como terremotos, inundaciones u otros hechos análogos, que requieran de atención especial por parte de los operadores de los servicios de telecomunicaciones, éstos brindarán los servicios de telecomunicaciones que sean necesarios dando prioridad a las acciones de apoyo conducentes a la solución de la situación de emergencia. Para tal efecto, los titulares de concesiones y autorizaciones seguirán las disposiciones del Ministerio.

**CONCORDANCIA:** *D.S. N° 043-2007-MTC (Aprueban diseño de la “Red Especial de Comunicaciones en Situaciones de Emergencia”)*

*D.S. N° 051-2010-MTC (Decreto Supremo que aprueba el “Marco Normativo General del Sistema de Comunicaciones en Emergencias”)*

**Artículo 20.- Plan Nacional de Telecomunicaciones**

El Plan Nacional de Telecomunicaciones es el documento que contiene los planes técnicos fundamentales que sobre la base del principio de integración de redes, sistemas y servicios, establece las pautas y lineamientos técnicos básicos que aseguran la integración e implementación de los servicios de telecomunicaciones a nivel nacional.

Es elaborado por el Ministerio y aprobado por Resolución Suprema refrendada por el Titular del Ministerio. Su actualización o revisión debe realizarse obligatoriamente en periodos no mayores de cinco (5) años. El Ministerio podrá convocar a audiencia pública previamente a la aprobación de las modificaciones del citado plan, a fin de recoger los aportes de las personas o entidades especializadas.

El Ministerio, a través de la Secretaría de Comunicaciones, elaborará el Plan Estratégico de Desarrollo de los Servicios de Telecomunicaciones, el cual contemplará las políticas, objetivos y

metas de desarrollo a mediano y largo plazo, debiendo ser revisado cada cinco años.

## SECCIÓN SEGUNDA

### DE LOS SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES

#### TÍTULO I

##### DE LA CLASIFICACIÓN GENERAL

###### **Artículo 21.- Clasificación general de los servicios de telecomunicaciones**

De conformidad con el artículo 8 de la Ley, los servicios de telecomunicaciones se clasifican en:

1. Servicios portadores.
2. Teleservicios, también llamados servicios finales.
3. Servicios de difusión.
4. Servicios de valor añadido.

Para efecto del citado artículo 8 de la Ley, se entiende por red digital integrada de servicios y sistemas, a la red que mediante la aplicación de tecnologías digitales permite la integración de todos los servicios en una red única.

###### **Artículo 22.- Clasificación de los servicios de telecomunicaciones en función a su utilización y naturaleza**

De conformidad con el artículo 9 de la Ley, los servicios de telecomunicaciones se clasifican en:

1. Públicos.
2. Privados.

###### **Artículo 23.- Definición de servicios públicos**

Son servicios públicos aquellos cuyo uso está a disposición del público en general a cambio de una contraprestación tarifaria, sin discriminación alguna, dentro de las posibilidades de oferta técnica que ofrecen los operadores.

Los servicios portadores son necesariamente públicos. Los teleservicios, los servicios de difusión y los de valor añadido pueden ser públicos.

###### **Artículo 24.- Definición de servicios privados**

*Son servicios privados aquellos que han sido establecidos por una persona natural o jurídica para satisfacer, estrictamente, sus propias necesidades de comunicación dentro del territorio nacional salvo, los casos previstos en los artículos 17 y 18.*

*No podrá clasificarse como servicio privado aquel que es ofrecido a terceros a cambio de una contraprestación que tenga relación con el servicio, sea ésta directa o indirecta.*

*Los teleservicios, los servicios de difusión y los servicios de valor añadido pueden ser privados. (\*)*

**(\*) Artículo modificado por el Artículo 3 del Decreto Supremo N° 024-2008-MTC, publicado el 16 agosto 2008, cuyo texto es el siguiente:**

###### **“Artículo 24.- Definición de servicios privados**

Son servicios privados aquellos que han sido establecidos por una persona natural o jurídica para satisfacer, estrictamente, sus propias necesidades de comunicaciones dentro del territorio nacional, con excepción de los casos previstos en los artículos 17 y 18 del presente Reglamento.



Asimismo, se consideran servicios privados, la transmisión gratuita de voz y/o datos, puestos a disposición de los proyectos de telecomunicaciones financiados por FITEC.

La facilidad de transmisión a que se refiere el párrafo precedente, no será considerada como un servicio público de telecomunicaciones.

No podrá clasificarse como servicio privado aquel que es ofrecido a terceros a cambio de una contraprestación que tenga relación con el servicio, sea ésta directa o indirecta. Tratándose de los proyectos de telecomunicaciones financiados por el FITEC, los costos de mantenimiento, reparación u otros a ser asumidos por el adjudicatario, no serán considerados como contraprestación por el servicio.

Los teleservicios, los servicios de difusión y los servicios de valor añadido pueden ser servicios privados.”

#### **Artículo 25.- Definición de conjunto económico**

Para efectos del artículo 41 de la Ley, considérase como conjunto económico al grupo de empresas que tienen como socio principal a una misma persona natural o jurídica, la cual es titular directo o indirecto de por lo menos el cincuenta y uno por ciento (51%) de las acciones, participaciones o de los derechos que otorguen el control efectivo sobre los integrantes del grupo empresarial, ya sea que éstos estén constituidos como filiales o subsidiarias de la persona jurídica principal, cuando corresponda.

#### **Artículo 26.- Inclusión de nuevos servicios**

El Ministerio podrá incluir dentro del marco de la clasificación general establecida en los artículos 8 y 9 de la Ley, aquellos servicios no considerados en el Reglamento y los que surjan en el futuro como consecuencia del avance científico y tecnológico.

#### **Artículo 27.- Derecho de iniciativa de los particulares**

El derecho de iniciativa de los particulares para proponer la regulación y correspondiente clasificación de nuevos servicios, se ejerce presentando una solicitud conteniendo la siguiente información:

1. Descripción del servicio y su clasificación según su uso y naturaleza.
2. Propuesta de normas técnicas.
3. Propuesta de normas administrativas.

El Ministerio, en caso que lo crea conveniente, podrá convocar a audiencia pública para ventilar las propuestas antes indicadas.

El Ministerio expedirá resolución dentro de los treinta (30) días calendario de presentada la solicitud o a partir de la fecha de realizada la audiencia pública si fuera el caso. Vencido este plazo sin que se haya expedido resolución, el interesado podrá considerar que su proposición ha sido denegada o esperará el pronunciamiento del Ministerio.

#### **Artículo 28.- Bandas no licenciadas**

Están exceptuados de la clasificación de servicios de la Ley, del Reglamento y de los Reglamentos Específicos que se dicten, las telecomunicaciones instaladas dentro de un mismo inmueble que no utilizan el espectro radioeléctrico y no tienen conexión con redes exteriores.

También están exceptuados de contar con concesión, salvo el caso de los numerales 4 y 5, de la asignación del espectro radioeléctrico, autorización, permiso o licencia, para la prestación de servicios de telecomunicaciones, de la clasificación de servicios de la Ley, del Reglamento y de los Reglamentos Específicos que se dicten:

1. Aquellos servicios cuyos equipos, utilizando el espectro radioeléctrico transmiten con una

potencia no superior a diez milivatios (10 mW) en antena (potencia efectiva irradiada). Dichos servicios no podrán operar en las bandas de frecuencias atribuidas a los servicios públicos de telecomunicaciones; salvo en las bandas de frecuencias 2400-2483,5 MHz y 5725-5850 MHz.

2. Aquellos servicios cuyos equipos, utilizando una canalización establecida en la banda 462, 550-462, 725 MHz y 467, 550-467, 725 MHz, transmiten con una potencia no superior a quinientos milivatios (500 mW) en antena (potencia efectiva irradiada). Dichos equipos no podrán ser empleados para la prestación de servicios públicos de telecomunicaciones.

3. *Aquellos servicios cuyos equipos, utilizando las bandas de 902-928 MHz, 2400-2483,5 MHz, 5150-5250 MHz y 5725-5850 MHz transmiten con una potencia no superior a cien milivatios (100 mW) en antena (potencia efectiva irradiada), y no sean empleados para efectuar comunicaciones en espacios abiertos. Dichos servicios no deberán causar interferencias a concesionarios de servicios públicos de telecomunicaciones. (\*)*

**(\*) Numeral modificado por el Artículo 1 del Decreto Supremo N° 015-2011-MTC, publicado el 19 abril 2011, cuyo texto es el siguiente:**

"3. Aquellos servicios cuyos equipos, utilizando las bandas de 2400-2483,5 MHz, 5150-5250 MHz y 5725-5850 MHz transmiten con una potencia no superior a cien milivatios (100 mW) en antena (potencia efectiva irradiada), y no sean empleados para efectuar comunicaciones en espacios abiertos. Dichos servicios no deberán causar interferencias a concesionarios de servicios públicos de telecomunicaciones."

4. *Aquellos servicios cuyos equipos, utilizando las bandas de 902-928 MHz, 2400-2483,5 MHz y 5725-5850 MHz transmiten con una potencia no superior a cuatro vatios (4 W) o 36 dBm en antena (potencia efectiva irradiada), en espacio abierto. (\*)*

**(\*) Numeral modificado por el Artículo 1 del Decreto Supremo N° 015-2011-MTC, publicado el 19 abril 2011, cuyo texto es el siguiente:**

"4. Aquellos servicios cuyos equipos, utilizando las bandas de 2400-2483,5 MHz y 5725-5850 MHz transmiten con una potencia no superior a cuatro vatios (4 W) o 36 dBm en antena (potencia efectiva irradiada), en espacio abierto."(\*)

**(\*) Numeral modificado por el Artículo 1 del Decreto Supremo N° 006-2013-MTC, publicado el 04 abril 2013, cuyo texto es el siguiente:**

"4. Aquellos servicios cuyos equipos, utilizando las bandas de 916 - 928 MHz, 2400 - 2483,5 MHz y 5725 - 5850 MHz transmiten con una potencia no superior a cuatro vatios (4 W) o 36 dBm en antena (potencia efectiva irradiada), en espacio abierto.

Asimismo, aquellos servicios cuyos equipos, utilizando la banda de 915 - 928 MHz transmiten con una potencia no superior a un vatio (1 W) o 30 dBm en antena (potencia efectiva irradiada)."

5. Aquellos servicios cuyos equipos; utilizando la banda de 5250-5350 MHz transmiten con una potencia no superior a un vatio (1 W) o 30 dBm en antena (potencia efectiva irradiada), en espacio abierto. Dichos equipos no podrán ser empleados para el establecimiento de servicios privados de telecomunicaciones.

En el caso de utilizar equipos bajo las condiciones señaladas en los numerales 4 y 5, para la prestación de servicios públicos de telecomunicaciones, se debe contar previamente con la concesión respectiva. En este caso, los concesionarios de servicios públicos de telecomunicaciones que empleen dichos equipos no requerirán del permiso para su instalación y operación, ni de la asignación de espectro radioeléctrico para su uso.

"En el caso de equipos y/o aparatos que utilicen las bandas 915 - 928 MHz y 916 - 928 MHz,

previamente a su operación o comercialización, la persona natural y/o jurídica que realice dichas actividades, deberá presentar al Ministerio una Declaración Jurada de Compromiso de Cumplimiento de que éstos han sido configurados para operar solo en las bandas 915 - 928 MHz y 916 - 928 MHz, según corresponda. Sólo en caso de comercialización de dichos equipos y/o aparatos, se deberá incluir además una "Etiqueta de Cumplimiento" visible para el usuario, adherida, grabada, impresa de forma indeleble o en un rótulo fijo adherido permanentemente." (\*)

**(\*) Penúltimo párrafo incorporado por el Artículo 1 del Decreto Supremo N° 006-2013-MTC, publicado el 04 abril 2013.**

**(\*) De conformidad con la Segunda Disposición Complementaria Final del Decreto Supremo N° 006-2013-MTC, publicado el 04 abril 2013, se señala que las condiciones previstas en el presente párrafo no son aplicables a aquellos equipos y aparatos de telecomunicaciones fabricados para operar únicamente en las bandas 915 - 928 MHz y 916 - 928 MHz.**

**CONCORDANCIAS:** D.S.N° 006-2013-MTC, Primera Disp. Comp. Final (Plazo para presentación de declaración jurada)

Sin perjuicio de lo dispuesto en el presente artículo, aquellos que hagan uso de las frecuencias antes indicadas deberán respetar las normas técnicas emitidas o que emita el Ministerio.

#### **Artículo 29.- Autorización de carácter general**

Los servicios y sus equipos comprendidos dentro del ámbito establecido en el artículo anterior, gozan de autorización de carácter general a partir de la vigencia del Reglamento.

## **TÍTULO II**

### **DE LOS SERVICIOS PORTADORES**

#### **Artículo 30.- Definición de servicios portadores**

Los servicios portadores son aquellos que utilizando la infraestructura del sistema portador, tienen la facultad de proporcionar la capacidad necesaria para el transporte y enrutamiento de las señales de comunicaciones, constituyendo el principal medio de interconexión entre los servicios y redes de telecomunicaciones.

#### **Artículo 31.- Definición del sistema portador**

El sistema portador es el conjunto de medios de transmisión y conmutación que constituyen una red abierta a nivel nacional o internacional que tienen la facultad de proporcionar la capacidad y calidad suficiente para el transporte de señales de telecomunicaciones y para la interconexión de los servicios públicos de telecomunicaciones.

La interconexión entre redes operadas por diferentes concesionarios de distintos servicios públicos de telecomunicaciones, dentro del ámbito de una misma área urbana, será materia de acuerdo entre las empresas prestadoras de las redes que se interconectan.

#### **Artículo 32.- Señales transportadas por el sistema portador**

Las señales transportadas por el sistema portador deberán cumplir con las normas técnicas nacionales aprobadas por el Ministerio, según el servicio de que se trate.

#### **Artículo 33.- Modalidades de los servicios portadores**

Las modalidades que pueden adoptar los servicios portadores son:

1. Servicios que utilizan las redes de telecomunicaciones conmutadas para enlazar los puntos de terminación de red. Pertenecen a esta modalidad, entre otros, los servicios portadores para: servicios de conmutación de datos por paquetes, servicios de conmutación de circuitos, servicio telefónico o servicio télex.

## BIBLIOGRAFÍA

- Arduino. (2016). *Overview*. Obtenido de Arduino Nano:  
<https://store.arduino.cc/usa/arduino-nano>
- Audubon. (s.f.). *Arrocero Amercano (Spiza americana)*. Obtenido de Guía de aves de América del norte: <http://www.audubon.org/es/guia-de-aves/ave/arrocero-americano>
- AVR Project. (2016). *BISS0001 PIR CONTROLLER*. Obtenido de AVR Project:  
<http://avrproject.ru/112/oxr-hc12/BISS0001.pdf>
- Besada Sanmartin, J. L. (2010). Definición y Fundamentos de Antena. En J. L. Besada Sanmartin, *Teoría de la Señal y Comunicaciones*. Madrid - España.
- Bolivar, U. S. (2015). *Electrónica y sus aplicaciones*. Obtenido de Coordinación de Tecnología e Ingeniería Electrónica: [http://ie.coord.usb.ve/index\\_files/about.html](http://ie.coord.usb.ve/index_files/about.html)
- Cambodia Electronic Source. (2016). *Arduino Nano v3 Atmel ATmega328*. Obtenido de Cambodia Electronic Source: [http://www.ces-eshop.com/dir/index.php?route=product/product&product\\_id=604](http://www.ces-eshop.com/dir/index.php?route=product/product&product_id=604)
- Company, P. F. (2016). *Arduino Nano*. Obtenido de Farnell:  
<http://www.farnell.com/datasheets/1682238.pdf>
- FAIRCHILD SEMICONDUCTOR TM. (1997). *NPN General Purpose Amplifier*. Obtenido de Datasheet Catalog :  
<http://pdf.datasheetcatalog.com/datasheet/fairchild/BC548.pdf>
- Fierro Parra, W. A. (2015). *Procedimientos Para el Cultivo de Arroz*. Obtenido de INDUSTRIA ARROCERA:  
<http://industriaarrocera10.wikispaces.com/procedimiento+para+el+cultivo+del+arroz>
- Gomez Cruz, R. (1990). Sistemas de Control en Malla Abierta y en Malla Cerrada. En J. J. Distefano, A. R. Stubberud, & I. J. Williams, *Retroalimentación y Sistemas de Control* (pág. 4). Bogotá - Colombia: Nomos Editores e Impresores.

- Hablemos de Aves. (s.f.). *Garza blanca: características, alimentación reproducción y más*. Obtenido de Hablemos de Aves: <http://hablemosdeaves.com/garza-blanca/#Sonido>
- Heros Aguilar, i. (2013). *MANEJO INTEGRADO EN EL CULTIVO DE ARROZ*. Obtenido de AGROBANCO: [https://www.agrobanco.com.pe/wp-content/uploads/2017/07/006-a-arroz\\_MANEJO.pdf](https://www.agrobanco.com.pe/wp-content/uploads/2017/07/006-a-arroz_MANEJO.pdf)
- Higa Díaz, J. D. (2009). *Diseño del Sistema de Audio para un Espantapájaro Electrónico*. Lima.
- IEEE. (2015). *145-1983 - IEEE Standard Definitions of Terms for Antennas*. Obtenido de IEEE Standars Association: <https://standards.ieee.org/findstds/standard/145-1983.html>
- INDECO. (2017). *GPT-3*. Obtenido de Ingesa Norte: <http://www.ingesanorte.com/pdf/0111-130031.pdf>
- Industrial, E. y. (23 de Diciembre de 2010). *Control Prealimentado (FeedForward)- Procesos Avanzados*. Obtenido de Electrónica y Automatización Industrial: <http://electronika14.blogspot.pe/2010/12/control-prealimentado-feedforward.html>
- Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá. (2000). Siembra de Arroz por el Sistema de Transplante. 1-5.
- ITECNISIL. (2015). *Control de Plagas, Aves*. Obtenido de Control de Plagas, Aves: [http://www.itecnisil.net/control\\_plagas/aves.html](http://www.itecnisil.net/control_plagas/aves.html)
- LS RESEARCH, LLC. (2012). *2.4 GHz / 5.5 GHz Dipole 2 dBi Antenna for Reverse Polarity SMA*. Obtenido de Farnell: <http://www.farnell.com/datasheets/1714624.pdf>
- Manzanares A., S. (1991). Términos Importantes y Objetivo del Control Automático de Proceso. En C. Smith, & A. Corripio, *Principles and Practice of Automatic Process Control* (pág. 20). México D.F. - México: NORIEGA - LIMUSA.

- MARLIN P. JONES & ASSOC. INC. (2016). *HC-SR501 PIR MOTION DETECTOR*.  
Obtenido de MARLIN P. JONES & ASSOC. INC.:  
<https://www.mpja.com/download/31227sc.pdf>
- México, I. P. (2002). ¿Qué significa medición y control automático? En G. Avalos A., M. Montúfar N., F. Ortiz H., & G. Villalobos O., *Teoría de Control Ajustes de Controladores Industriales* (págs. 13-14). México D.F. - México: Instituto Politécnico Nacional de México.
- Ministerio de Agricultura y Riego. (2015). *Cultivos de Importancia Nacional*. Obtenido de Ministerio de Agricultura y Riego: <http://www.minag.gob.pe/portal/sector-agrario/agricola/cultivos-de-importancia-nacional/arroz>
- Ministerio de Agricultura y Riego del Perú. (2015). *Problemas en la Agricultura Peruana*. Obtenido de Ministerio de Agricultura y Riego del Perú: <http://www.minag.gob.pe/portal/sector-agrario/agricola/vision-general/problemas-en-la-agricultura-peruana?limitstart=0>
- NAYLAMP MECHATRONICS. (2016). *Módulo I2C RTC DS3231 AT24C32*. Obtenido de NAYLAMP MECHATRONICS: <http://www.naylampmechatronics.com/modulos/107-modulo-i2c-rtc-ds3231-at24c32.html>
- Nordic Semiconductor. (2007). *Product Specification*. Obtenido de nRF24L01 Single Chip 2.4GHz Transceiver: [https://www.nordicsemi.com/chi/content/download/2730/34105/file/nRF24L01\\_Product\\_Specification\\_v2\\_0.pdf](https://www.nordicsemi.com/chi/content/download/2730/34105/file/nRF24L01_Product_Specification_v2_0.pdf)
- PASTERNAK . (2017). *Flexible RG58 Coax Cable Single Shielded with Black PVC (NC) Jacket*. Obtenido de PASTERNAK THE ENGINEER'S RF SOURCE: <http://www.pasternack.com/images/ProductPDF/RG58C-U.pdf>
- Pérez, M., Pérez, A., & Pérez, E. (2007). *Introducción a los Sistemas de Control y Modelo Matemático Para Sistemas Lineales Invariantes en el Tiempo*. San Juan - Argentina.

Programa Nacional de Innovación Agraria. (2015). *PNIA en Arroz*. Obtenido de Ministerio de Agricultura y Riego del Perú: <http://www.inia.gob.pe/programas/arroz>

Romero, W. (Dirección). (2014). *Decibeles conversión rápida* [Película].

Sedano Cruz, R. E. (Mayo de 2003). *Bio-Nica*. Obtenido de Los Humedales y la Ocupación de Aves en los Cultivos de Arroz: <http://www.bio-nica.info/biblioteca/Sedano2003.pdf>

Stallman, R. (2015). *Comunicación Inalámbrica*. Obtenido de Wikipedia, La enciclopedia libre: [https://es.wikipedia.org/wiki/Comunicaci%C3%B3n\\_inal%C3%A1mbrica](https://es.wikipedia.org/wiki/Comunicaci%C3%B3n_inal%C3%A1mbrica)

Tomasi, W. (2003). *Sistemas d Comunicaciones Electrónicas*. Phoenix - Arizona: Pearson Education.

Villegas, J. (02 de Febrero de 2012). *Que es un detector de movimiento pasivo o PIR? y como funcionan los sensores de movimiento*. Obtenido de TECNO Seguro: <https://www.tecnoseguro.com/faqs/alarma/que-es-un-detector-de-movimiento-pasivo-o-pir.html#comment243>

Vishay. (Octubre de 2002). *LCD-016M002B*. Obtenido de Engineers Garage: <https://www.engineersgarage.com/sites/default/files/LCD%2016x2.pdf>

Wikipedia, la enciclopedia libre. (12 de Noviembre de 2015). *Spiza Americana*. Obtenido de Wikipedia, la enciclopedia libre: [https://es.wikipedia.org/wiki/Spiza\\_americana](https://es.wikipedia.org/wiki/Spiza_americana)