

PROTOTIPO DE UN SISTEMA DOMÓTICO PARA EL MONITOREO DEL
MONÓXIDO DE CARBONO EN HOGARES.

JAIME ANDRÉS MENDOZA TORRES
DAVID ALEJANDRO TORRES RONCANCIO

UNIVERSIDAD PILOTO DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIONES
BOGOTÁ D.C.
2016

PROTOTIPO DE UN SISTEMA DOMÓTICO PARA EL MONITOREO DEL
MONÓXIDO DE CARBONO EN HOGARES.

JAIME ANDRÉS MENDOZA TORRES
DAVID ALEJANDRO TORRES RONCANCIO

ALTERNATIVA DE GRADO PROYECTO DE GRADO

DIRECTOR:
ING. GUILLERMO FERNANDO VALENCIA PLATA

UNIVERSIDAD PILOTO DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIONES
BOGOTÁ D.C.
2016

Nota de Aceptación

Firma del Jefe de Carrera

Firma Jurado

Firma Jurado

Bogotá D.C., ____ de _____ 2016

AGRADECIMIENTOS.

Antes que nada, agradecemos a Dios por darnos salud, bienestar, sabiduría y constancia para la ejecución y culminación con éxito del actual trabajo investigativo y por colocar en nuestras vidas, a familiares, amigos y personas que brindaron su apoyo incondicional y constante, por su tiempo, sus esfuerzos y la motivación para la culminación de los objetivos como estudiantes, profesionales y ante todo; como seres humanos.

A los asesores Ing. GUILLERMO FERNANDO VALENCIA PLATA tutor y Maestro y al Ing. NESTOR FORERO asesor Técnico de la Universidad Piloto de Colombia, por la transmisión de sus conocimientos, por su tiempo y dedicación para llevar a cabo la culminación exitosa de los objetivos del presente proyecto.

A todos los profesores, que nos guiaron a lo largo de la carrera, ya que sin ellos no se tendría un conocimiento de las diferentes áreas que se aplicaron en este proyecto.

El aporte más grande es que recibimos por parte del área de Ing. de Telecomunicaciones es: ser profesionales por convicción, sin olvidar que debemos ser personas de ética y moral, actuando de la mejor manera en beneficio de las compañías donde laboramos, del medio ambiente, y por nuestra familia, sinceramente agradecemos esto tan valioso, ya que para ser profesional se debe ser una persona integral.

Por último, a los asesores que leerán y revisaran el documento, ya que su tiempo y comentarios acerca de nuestro proyecto, nos darán más herramientas para mejorarlo.

TABLA DE CONTENIDO.

INTRODUCCIÓN.....	1
1. MARCO REFERENCIAL.....	2
1.1. MARCO DE ANTECEDENTES.....	2
1.2. MARCO TEÓRICO.....	3
2. ESQUEMA TEMÁTICO.....	41
2.1. IDENTIFICAR NIVELES PERMITIDOS DE MONÓXIDO DE CARBONO.....	41
2.2. DETERMINAR LOS COMPONENTES NECESARIOS DEL SISTEMA PARA REALIZAR EL MONITOREO DEL MONÓXIDO DE CARBONO.....	42
2.3. ESTABLECER LAS TECNOLOGÍAS QUE SERÁN UTILIZADAS PARA LA TRANSMISIÓN DE LA INFORMACIÓN DE MANERA REMOTA.....	49
2.4. REALIZAR PRUEBAS DEL PROTOTIPO EN UN ESPACIO CERRADO DETERMINADO.....	53
2.5. ANALIZAR LA PLATAFORMA DEL SERVICIO DE EMERGENCIAS 123 Y ENVIAR UNA NOTIFICACIÓN DEL NIVEL DE MONÓXIDO DE CARBONO.....	53
2.6. REMITIR UN MENSAJE DE NOTIFICACIÓN A LA EMPRESA PRESTADORA DEL SERVICIO DE GAS.....	58
2.7. UTILIZAR UN ACTUADOR PARA CERRAR LA VÁLVULA.....	61
2.8. DIAGRAMA DE BLOQUES, MONTAJES Y PRUEBAS.....	65
3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	71
3.1. CONCLUSIONES.....	71
3.2. RECOMENDACIONES.....	72
BIBLIOGRAFÍA.....	73

LISTA DE TABLAS.

Tabla 1. Componentes Activos y Pasivos.	6
Tabla 2. Especificaciones técnicas modelos Arduinos	15
Tabla 3. Otros modelos de Arduinos.	17
Tabla 4. Programación en Arduino.	18
Tabla 5. Comparación entre diferentes generaciones de servicios móviles.	35
Tabla 6. Máxima concentración del nivel permitido por lapsos de tiempo. ...	42
Tabla 7. Comandos AT	49

LISTA DE FIGURAS.

Figura 1. Diferentes componentes electrónicos	4
Figura 2. Configuración sensor.	8
Figura 3. Clasificación atendiendo de su funcionamiento.	8
Figura 4. Clasificación atendiendo a la señal que proporciona.	9
Figura 5. Clasificación atendiendo a la naturaleza de su funcionamiento.	9
Figura 6. Imagen Sensor TGS 2611	10
Figura 7. Modem M95.....	19
Figura 8. Accesorios del Modem M95.	20
Figura 9. Pines de Conexión.	21
Figura 10. Terminales de conexión alimentación de energía.	21
Figura 11. Arquitectura GPRS.....	31
Figura 12. Evolución desde 1G hasta 4G.	35
Figura 13. Sistema Universal de Comunicaciones Móviles.	37
Figura 14. Estructura UMTS.....	37
Figura 15. Arquitectura Básica 3G.	38
Figura 16. Topología Gas Natural Fenosa.....	41
Figura 17. Conexión Sensor	43
Figura 18. Solicitud de servicio.	50
Figura 19. Autenticación.....	51
Figura 20. Actualización de localización.....	52
Figura 21. Consolidado de llamadas entre Julio 2007 y Noviembre 2010.	55
Figura 22. Diagrama de bloques prototipo de monóxido de carbono.....	65
Figura 23. Configuración inicial módulo Arduino.....	66
Figura 24. Valores Inicial de concentración detectado por el sensor.	66
Figura 25. Incremento de los valores de concentración de monóxido.	67
Figura 26. Ejecución de la llamada.	67
Figura 27. Prototipo Inicial.	68
Figura 28. Molde en ABS.....	68
Figura 29. Unión de piñonearía con el servomotor.....	69
Figura 30. Montaje Final.....	69

LISTA DE ANEXOS.

Anexo A. Reglamentación Ministerio de Minas.....	1
Anexo B. DataSheet Transistor TIP 122	5
Anexo C. DataSheet 328.	7
Anexo D. Datasheet Puente HL293D.	7
Anexo E. DataSheet Cristal 16Mhz	7
Anexo F. DataSheet Motor PK244.	7
Anexo G. DataSheet Sensor TGS 2611.	11
Anexo H. DataSheet Tarjeta Arduino M95.	22
Anexo I. Comandos AT, M95 V1.2	22
Anexo J. Resolución Nacional DAMA.....	42
Anexo K. Plan de Trabajo.....	70
Anexo L. Protocolos de prueba.....	70
Anexo M. Video Prototipo Final.....	70

RESUMEN.

El presente documento se centra en el estudio de un sistema domótico para la detección de monóxido de carbono en hogares.

Se realizó un levantamiento de información sobre las tecnologías relevantes para la implementación del proyecto y a su vez todo lo referente a los niveles de monóxido de carbono permitidos en los hogares.

Cada uno de los temas fue tratado de una manera detallada, pero a su vez se seleccionó la información que estaba relacionada directamente con el tema de estudio, de manera que se obtuviera información clara y concisa para alcanzar los objetivos que se plantearon en el documento.

Esta tesis también pretende ser un punto de comienzo de otros estudios en la “Universidad Piloto de Colombia”, ya que al generar un prototipo domótico, se pueden ver plasmados los conocimientos teóricos de manera práctica, para que más adelante se pueda tomar como base para realizar estudios en la industria.

Por último se sugieren ítems, que podrían mejorarse con el apoyo de capital privado para la implementación del proyecto en hogares y en sectores tan importantes como la industria.

INTRODUCCIÓN.

Actualmente la empresa prestadora del servicio de gas (Gas Natural Fenosa), atiende a más de 2.2 millones de clientes a través de una red de distribución de 19,000 kilómetros. Gas Natural Fenosa en Colombia es un grupo de cuatro empresas nacionales independientes, cuya actividad principal es la distribución y comercialización de gas natural por red de tubería. Gas Natural S.A., ESP es la matriz en Colombia que a su vez es filial de la empresa española Gas Natural Internacional SDG S.A.¹

Actualmente el mantenimiento preventivo o correctivo de los gasodomésticos y la revisión de las áreas donde se encuentran ubicados estos elementos, se hace por parte de empresas filiales a gas natural, con el fin de prevenir accidentes y mitigar riesgos en el hogar.

La nueva regulación, que rige a partir del 1 de mayo del 2014, establece que la responsabilidad de la seguridad es directamente de los usuarios del servicio, quienes deberán hacer la revisión en períodos no superiores a 5 años, es decir entre los 55 a 60 meses desde la última revisión realizada o puesta en servicio del gas. Para esto pueden escoger, además de Gas Natural Fenosa, a un organismo de inspección acreditado por el Organismo Nacional de Acreditación (ONAC) y avalado por la Superintendencia de Industria y Comercio (SIC)². Véase:

Anexo A. Reglamentación Ministerio de Minas.

Durante estos 5 años los habitantes de la casa pueden contraer enfermedades producidas por la emanación del monóxido de carbono, causando dolores de cabeza, somnolencia, pérdida del conocimiento y finalmente la muerte por la inhalación de este gas tóxico.

Por tal motivo es importante crear un prototipo que supervise la concentración de monóxido de carbono en hogares con el fin de prevenir las enfermedades anteriormente mencionadas, y a su vez pueda notificar a algún miembro del hogar que se ha superado el límite permitido y se pueda realizar el mantenimiento que indica Gas Natural Fenosa.

Más concretamente los proyectantes proponen un dispositivo de detección de gas, que permita la interrupción del suministro de gas (electroválvula o servo motor) en la vivienda al detectar la presencia en el ambiente de concentraciones de monóxido de carbono que superen los niveles máximos permitidos.

¹[Citado el 10 de Febrero de 2015] Disponible en <

<http://www.gasnaturalfenosa.com.co/co/conocenos/quienes+somos/1297102367304/organizacion+local.html>>

²[Citado el 16 de Marzo de 2015] Disponible en <

<http://www.gasnaturalfenosa.com.co/co/hogar/servicios+para+el+hogar/revision+de+gas+natural+para+hogar/informacion+general+para+clientes+nuevos+y+revision+periodica/1297205635260/abc+para+clientes+nuevos+y+revision+periodica.html>>

1. MARCO REFERENCIAL.

1.1. MARCO DE ANTECEDENTES

En este apartado se encontraron diferentes documentos, proyectos y patentes de detección del gas sin embargo se mencionan los que tiene una mayor similitud y relevancia con el proyecto.

- **Llave de corte automático del suministro de agua y gas para prevención de fugas durante periodos de ausencia.**

Llave de corte automático del suministro de agua y gas para prevención de fugas durante periodos de ausencia y/o no utilización de la vivienda, local, nave o habitación de hotel. Incluye un térmico de 2 polos a la entrada del cuadro eléctrico y uno o varios detectores de movimiento, (alternativamente detectores de movimiento inalámbrico, situados en la entrada de la vivienda o estancia, y/o baños, cocinas, aseos, o zonas húmedas; el relé recoge la señal y la envía al programador en forma de impulso eléctrico, el cual usa esta señal para hacer funcionar unos temporizadores proporcionales y a través de este temporizador programador hacemos funcionar una electro válvula de corte o activación de la instalación de fontanería y/o gas.

Posibilidad de encendido temporal para calefacción, doble termostato, bomba de recirculación de agua caliente y control manual o electrónico. El cuadro eléctrico incluye leds de información sobre el estado de la electroválvula.³

- **Detector-extractor de gases.**

Detector-extractor de gases, que respecto a los aparatos conocidos en el estado de la técnica de los dispositivos de seguridad ofrece la ventaja de que al tiempo que detecta la presencia de gases en el interior de un espacio cerrado, y lo advierte mediante alarmas visuales y sonoras, procede a eliminarlos mediante su extracción al exterior, caracterizándose por una estructura prismático rectangular formada al ensamblarse entre sí por medios convencionales una carcasa frontal y otra posterior, periféricamente ajustadas herméticamente por un anillo de goma adaptado a un cerco, cuya cara frontal muestra la rejilla de un sensor para detección de emanaciones de gas, que el activarse por la presencia del fluido acciona simultáneamente la alarma acústica, la alarma luminosa y el extractor (ventilador) para desalojo del gas hacia el exterior, el cual está dotado de un gran alojamiento pasante de sección circular.⁴

³ [Citado el 11 de Abril de 2014] Disponible en <Google Patnets; No. de publicación: WO2008062089 A1>

⁴ [Citado el 11 de Abril de 2014] Disponible en <Google Patnets; No. de publicación: WO1995011412 A1>

- **Aparato domestico de detección y expulsión de gas.**

Aparato doméstico de detección y expulsión de gas, configurado por una carcasa que comprende un motor encapsulado que mediante las hélices de un ventilador succiona por la rejilla, visible desde el interior de la vivienda donde se instala el aparato, el gas acumulado y localizado, a través de la rejilla, por el detector que acciona el motor y alarmas sonoras y luminosas de peligro, visibles junto al indicador luminoso del correcto funcionamiento del aparato.

El gas es extraído por el conducto de expulsión que, tras un corto tramo desde la rejilla, describe un canal de sección lateral curva con punto de inflexión o bien se ramifica en dos o más conductos idénticos que describen trayectorias enfrentadas, diametralmente opuestas y equidistantes entre sí, culminando en rejillas exteriores para cada conducto; estando el motor centrado en un mismo plano horizontal con respecto al ventilador y encapsulado en un alojamiento hermético en el que no puede introducirse el gas extraído dado el sellado del punto de conexión, entre el eje del ventilador que acciona el motor y su habitáculo encapsulado.

Alternativamente se prevén dos o más conductos entre los cuales el motor queda posicionado con un giro de 90° con respecto a la disposición que muestra cuando se prevé un único conducto.⁵

- **Dispositivo de seguridad por detección de gases.**

Para la prevención de la deflagración de gases combustibles o vapores inflamables en el interior de una vivienda o local, que comprende al menos una sonda adecuada para la detección de concentraciones ambientales de gases o vapores inflamables, una fuente de alimentación que está conectada a la red eléctrica general de la citada vivienda o local y una placa base, estando la sonda y la placa base alimentadas eléctricamente por la fuente de alimentación para su adecuado funcionamiento, y estando la sonda capacitada para emitir una señal según los niveles de concentración de gas o vapores inflamables detectados por ella misma y siendo la citada señal perceptible y procesable por la placa base.⁶

1.2. MARCO TEÓRICO.

En este apartado se denota los elementos del proyecto de forma general, sin embargo en el esquema temático se entra al detalle de cada uno de estos elementos.

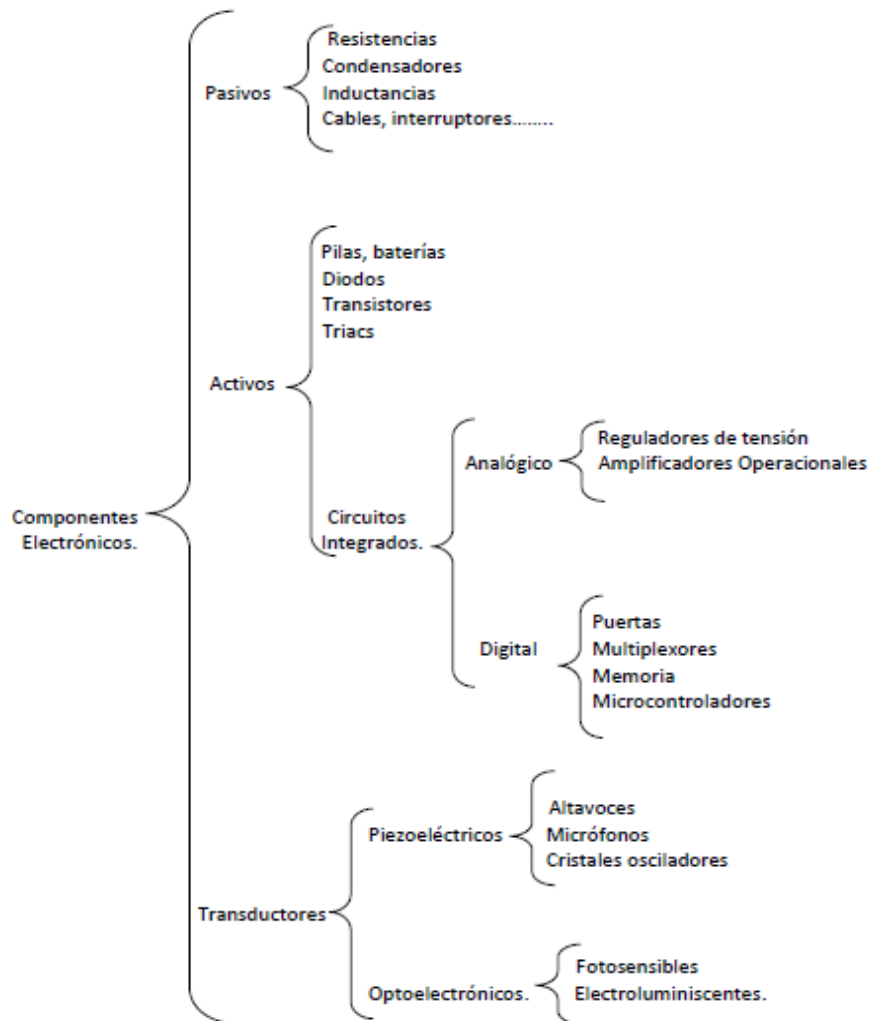
⁵ [Citado el 12 de Abril de 2014] Disponible en <Google Patnets; No. de publicación WO 1998028577 A1>

⁶ [Citado el 13 de Abril de 2014] Disponible en <Google Patnets; No. de publicación WO 2014102412 A1>

1.2.1. Componentes Electrónicos.

Se define componente electrónico a un dispositivo que forma parte de un circuito electrónico. Se suele diseñar, generalmente en un material tipo cerámico, metálico o plástico, y terminar en dos o más terminales o patas metálicas. Se diseñan para ser conectados entre ellos, normalmente mediante soldadura a un circuito impreso, para formar el circuito electrónico.

Figura 1. Diferentes componentes electrónicos



Fuente: Autores.

Los componentes pasivos son aquellos componentes electrónicos, que disipan o almacenan energía eléctrica o magnética por tal motivo se constituyen en los

elementos receptores de carga de un circuito, pero no puede realizar ninguna función de control o amplificación. Pueden presentar las siguientes propiedades.

- Disipación de energía eléctrica (resistencia: R)
- Almacenamiento de energía en campos magnéticos (coeficiente de autoinducción)
- Almacenamiento de energía en campos eléctricos (capacidad: C)

En la tabla 1 se describen más detalladamente sus características y funciones.

Dentro de los componentes electrónicos que se utilizaron en el proyecto se tiene:

- **Resistencias:** Es el elemento que posee la propiedad de oponerse al paso de la corriente eléctrica. En virtud de lo anterior los materiales se clasifican en conductores, semiconductores y aislantes.
- **Condensadores:** Un condensador es un dispositivo formado por dos o más placas o láminas conductoras, denominadas armaduras, las cuales están separadas por un dieléctrico (aislante). El condensador es un componente pasivo electrónico, que está especialmente diseñado para almacenar carga eléctrica en una superficie reducida.
- **Protoboard:** Es un tablero con orificios en el cual se pueden insertar diferentes componentes electrónicos y cables (en general cable UTP) para diseñar diferentes circuitos. En dicha placa se pueden probar los circuitos antes de ser soldados en una baquelita.
- **LED:** El Led (en español diodo emisor de luz), es un diodo el cual su principal función es convertir la energía eléctrica en una fuente luminosa, su funcionamiento está basada en la emisión de fotones cuando los electrones atraviesan el diodo, esto se conoce comúnmente como electroluminiscencia.
- **Transistor:** Un transistor es un componente que tiene, básicamente, dos funciones:
 - Deja pasar o corta señales eléctricas a partir de una pequeña señal de control. Como Interruptor. Abre o cierra para cortar o dejar pasar la corriente por el circuito.
 - Funciona como un elemento amplificador de señales, oscilador conmutador o rectificador. Véase:

Anexo B. DataSheet Transistor TIP 122

CLASIFICACIÓN GENERAL DE COMPONENTES

COMPONENTES PASIVOS: Resistencias-Condensadores-Inductores		COMPONENTES ACTIVOS: diodos, transistores, triac, circuitos integrados analógicos y digitales
COMPONENTES PASIVOS FIJOS	COMPONENTES PASIVOS VARIABLES	
<p>CARACTERÍSTICAS</p> <p>a) Modifican la corriente eléctrica en forma lineal. b) Consumen energía. c) A veces condicionan las características del circuito. d) Hay una gran variación en la fabricación de estos componentes, sobre todo en condensadores e inductores</p>	<p>CARACTERÍSTICAS</p> <p>a) Cortan, dirigen o modifican de forma progresiva las corrientes eléctricas y gastan energía. b) Los electromecánicos actuar partiendo movimientos mecánico provocados exteriormente o internamente. c) Los dependientes actúan en función de parámetros externos: temperatura, tensión, luminosidad, etc.</p>	<p>CARACTERÍSTICAS</p> <p>a) Modifican la corriente eléctrica de forma no lineal. b) Su fabricación tiene una cierta uniformidad tecnológica (Semiconductores). c) Sus características se tiene muy en cuenta en el diseño de circuitos electrónicos. *Se utilizan materiales semiconductores en su construcción</p>
<p>FUNCIONES</p> <p>a) Acompañan a los componentes activos. b) Aseguran los enlaces entre los activos, debido a que conducen señales electrónicas.</p>	<p>FUNCIONES</p> <p>a) Igual que los fijos, acompañan a las compontes activas. b) También aseguran los enlaces entre los elementos activos, pero en este caso modificando o ajustando la corriente o tensión de forma manual.</p>	<p>FUNCIONES</p> <p>a) Amplificar señales de tensión o de corriente. b) Generar oscilaciones (Cuadradas, senoidales, triangulares, etc.) c) Rectificar señales d) Recortar Señales</p>

Tabla 1. Componentes Activos y Pasivos.

Fuente: Electrónica, Carretero Montero Alfonso, pág. 88.

- **Microcontrolador:** Un microcontrolador se define básicamente como aquel circuito integrado o chip que en su interior contiene tres unidades fundamentales de un computador: CPU, Memoria y Unidades de E/S, en otras palabras es un computador completo solamente que un pequeño circuito integrado.
Su uso comúnmente en proyectos domóticos con Arduino en sus modelos Uno y Nano. Ver ejemplos en:
<http://www.arduino.cc/en/pmwiki.php?n=Main/Standalone#.Uzloz-V5Z6c>
- **CRISTAL 16 MHz:** Cristales estándar de frecuencia. Emplea estos cristales como reloj para el microprocesador. Ideal para ser usado con ATmega328.
- **Motor PK244-02:** La serie PK estándar de 2 fases motor paso a paso ofrece un rendimiento equilibrado mejorado por alto para, baja vibración y ruido bajo.

Para más información Véanse:

Anexo C. DataSheet ATMEGA 328.

Anexo D. Datasheet Puente HL293D.

Anexo E. DataSheet Cristal 16Mhz

Anexo F. DataSheet Motor PK244.

1.2.2. Sensor

Un sensor es un dispositivo eléctrico y/o mecánico que convierte magnitudes físicas (luz, magnetismo, presión, etc.) en valores medibles de dicha magnitud.

Esto se realiza en tres fases:

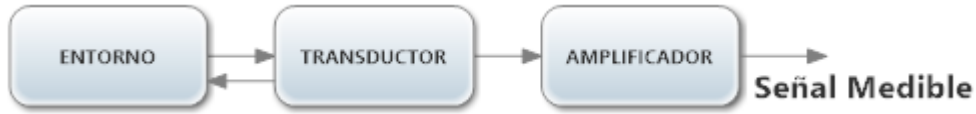
- Un fenómeno físico a ser medido es captado por un sensor, y muestra en su salida una señal eléctrica dependiente del valor de la variable física.
- La señal eléctrica es modificada por un sistema de acondicionamiento de señal, cuya salida es un voltaje.
- El sensor dispone de una circuitería que transforma y/o amplifica la tensión de salida, la cual pasa a un conversor A/D. El convertidor A/D transforma la señal de tensión continua en una señal discreta.

El transductor es el elemento del sensor que transforma la energía asociada a lo que se desea medir en otra forma de energía. La figura 2 muestra un ejemplo de la configuración de un sensor.

El sensor recibe alguna señal que se desea medir del entorno. Previamente a esta medición es posible que el propio sensor interactúe con el entorno emitiendo algún tipo de señal para realizar la medición.⁷

⁷ ESCOLANO RUIZ, Francisco. y CAZORLA QUEVEDO, Miguel y LOZANO ORTEGA, Miguel. Inteligencia Artificial Modelos, Técnicas y Áreas de Aplicación, Thomson 2009. p.313 ISBN 84-9732-183-9

Figura 2. Configuración sensor.



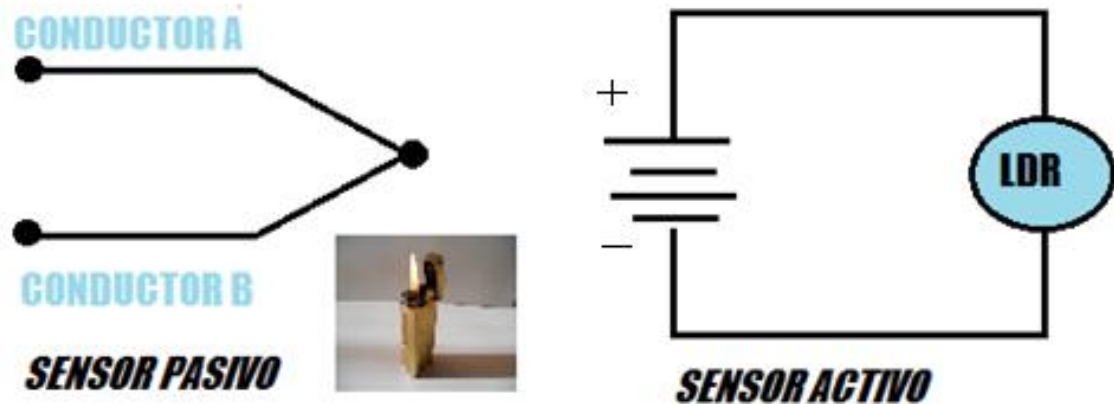
Fuente: Inteligencia Artificial Modelos, Técnicas y Áreas de Aplicación

Clasificación: Dada la gran cantidad de sensores que existen, se hace necesario clasificarlos para así poder entender mejor su naturaleza y funcionamiento.

a) Atendiendo a su funcionamiento:

- **Activos:** requieren de una fuente externa de energía de la que recibir alimentación de corriente para su funcionamiento.
- **Pasivos:** no requieren de una fuente de energía externa, sino que las propias condiciones medioambientales son suficientes para que funcione según su cometido.

Figura 3. Clasificación atendiendo de su funcionamiento.

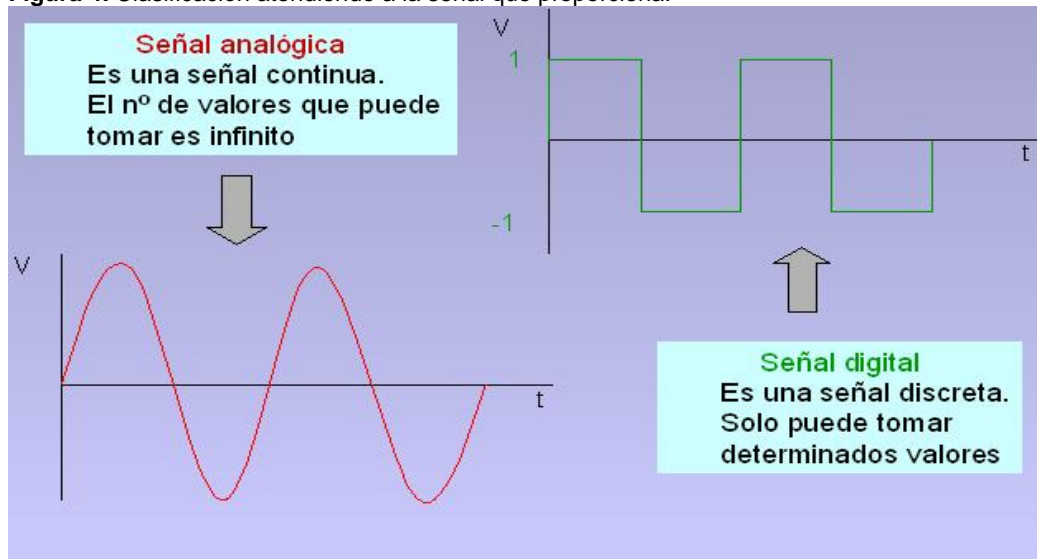


Fuente: Inteligencia Artificial Modelos, Técnicas y Áreas de Aplicación

b) Atendiendo a las señales que proporcionan:

- **Analógicos:** proporcionan la información mediante una señal analógica (tensión, corriente), es decir que puede tomar infinidad de valores entre un mínimo y un máximo
- **Digitales:** proporcionan la información mediante una señal digital que puede ser "0" o un "1" lógicos, o bien un código de bits.

Figura 4. Clasificación atendiendo a la señal que proporciona.



Fuente: Inteligencia Artificial Modelos, Técnicas y Áreas de Aplicación

c) Atendiendo a la naturaleza de su funcionamiento:

- **Posición:** son aquellos que experimentan variaciones en función de la posición que ocupan en cada instante los elementos que lo componen
- **Fotoeléctricos:** son aquellos que experimentan variaciones en función de la luz que incide sobre los mismos.
- **Magnéticos:** son aquellos que experimentan variaciones en función del campo magnético que les atraviese.
- **Temperatura:** son aquellos que experimentan variaciones en función de la temperatura del lugar donde están ubicados.
- **Humedad:** son aquellos que experimentan variaciones en función del nivel de humedad existente en el medio en que se encuentran.

Figura 5. Clasificación atendiendo a la naturaleza de su funcionamiento.



Fuente: Inteligencia Artificial Modelos, Técnicas y Áreas de Aplicación

d) Atendiendo a la naturaleza de su funcionamiento:

- **Mecánicos:** Son aquellos que utilizan contactos mecánicos que se abren o se cierran
- **Resistivos:** Son aquellos que utilizan en su fabricación elementos resistivos.
- **Capacitivos:** Son aquellos que utilizan en su fabricación condensadores.
- **Inductivos:** Son aquellos que utilizan en su fabricación bobinas.
- **Piezoeléctricos:** Son aquellos que utilizan en su fabricación cristales como el cuarzo
- **Semiconductores:** Son aquellos que utilizan en su fabricación semiconductores.⁸

Sensor TGS2611

Es un sensor de gas semiconductor tipo que combina muy alta sensibilidad al gas metano con bajo consumo de energía y larga vida. Debido a la miniaturización de su chip de detección, TGS2611 requiere una corriente sólo 56 mA y el dispositivo se encuentra en un paquete estándar A-5.

La sensibilidad se define como la mayor o menor variación de la señal de salida por unidad de la magnitud de entrada. Cuanto mayor sea la variación de la señal de salida producida por una variación en la señal de entrada, el sensor es más sensible.

El TGS2611 está disponible en dos modelos diferentes que tienen diferentes carcasas externas, sino de sensibilidad idéntica a gas metano. Ambos modelos son capaces de satisfacer los requisitos de los estándares de desempeño tales como UL1484 y EN50194 (Normas para Detectores Residenciales de Gas)

Figura 6. Imagen Sensor TGS 2611



⁸ SERNA RUIZ, Antonio. y ROS GARCIA, Francisco y RICO NOREGA, Juan. Guía Práctica de Sensores, Creaciones Copyright 2010. p.3-5 ISBN 978-84-92779-49-9

Fuente. <http://www.thomasnet.com/productsearch/item>

También se escogió este sensor por su:

- Tamaño pequeño.
- Bajo costo.
- Larga vida útil.
- Bajo consumo de potencia.
- Ningún requisito de mantenimiento.

Anexo G. DataSheet Sensor TGS 2611.

En cuanto al hardware que proporcionara las herramientas para él envió de mensaje de texto se denota los siguientes aspectos relevantes.

1.2.3. Arduino

Arduino es en realidad tres cosas⁹:

a) Es una placa hardware:

Incorpora un microcontrolador reprogramable y una serie de pines-hembra (los cuales están unidos internamente a las patillas de E/S del microcontrolador) que permiten conectar allí de forma muy sencilla y cómoda diferentes sensores y actuadores.

Cuando se habla de “Placa hardware”, se refiere en concreto a un PCB (del inglés “printed circuit board”, o sea placa del circuito impreso).

Las PCBs son superficies fabricadas de un material no conductor (normalmente resinas de fibra de vidrio reforzada, cerámica o plástica) sobre las cuales aparecen laminadas pista de material conductor (normalmente cobre). Las PCB se utilizan para conectar eléctricamente a través de los caminos conductores, diferentes componentes electrónicos soldados a ella. Una PCB es la forma más compacta y estable de construir un circuito electrónico (en contraposición a una breadboard, perfboard o similar) pero, al contrario que estas, una vez fabricada, su diseño es bastante difícil de modificar.

b) Un software:

⁹ TORRENTE ARTERO, Óscar. Arduino Curso Practico de formación, Alfaomega Grupo Editor, S.A. de C.V., México. p.61-63 ISBN 978-607-707-648-3

(más en concreto, un “entorno de desarrollo”) gratis, libre y multiplataforma (ya que funciona en Linux, MacOS y Windows) que se debe instalar en nuestro ordenador y que nos permite escribir, verificar y guardar (“cargar”) en la memoria del microcontrolador de la placa Arduino el conjunto de instrucciones que deseamos que este empiece a ejecutar.

Es decir: no permite programarlo. La manera estándar de conectar nuestro computador con la placa Arduino para poder enviarle y grabarle dichas instrucciones es mediante un simple cable USB, gracias a que la mayoría de placas Arduino incorporan un conector de este tipo.

c) Un lenguaje de programación libre:

Por “lenguaje de programación” se entiende cualquier idioma artificial diseñado para expresar instrucciones (siguiendo unas determinadas reglas sintácticas) que pueden ser llevadas a cabo por máquinas. Concretamente dentro del lenguaje Arduino, encontramos elementos parecidos a muchos otros lenguajes de programación existente (como los bloques condicionales, los bloques repetitivos, las variables, etc.), así como también diferentes comandos asimismo llamados “órdenes” o “funciones”- que permitan especificar de una forma coherente y sin errores las instrucciones exactas que queremos programar en el microcontrolador de la placa.

1.2.3.1. Historia

Arduino se inició en el año 2005 en el instituto de diseño interactivo de Ivrea (Italia), centro académico donde los estudiantes se dedicaban a experimentar con la interacción entre humanos y diferentes dispositivos (muchos de ellos basados en microcontroladores) para conseguir generar espacios únicos, especialmente artísticos.

Arduino apareció por la necesidad de contar con un dispositivo para utilizar en las aulas que fuera de bajo coste, que funcionase bajo cualquier sistema operativo y que constase con documentación adaptada a gente que quisiera empezar de cero. La idea original fue, pues, fabricar la placa para uso interno de la escuela.

No obstante, el instituto se vio obligado a cerrar sus puertas precisamente en 2005. Ante la perspectiva de perder en el olvido todo el desarrollo del proyecto Arduino que se le había llevado a cabo durante aquel tiempo, se decidió liberarlo y abrirlo a la “comunidad” para que todo el mundo tuviera la posibilidad de participar en la evolución del proyecto, proponer mejoras y sugerencias y mantenerlo “vivo”. Y haya llegado a ser lo que es actualmente: un proyecto de hardware y software libre de ámbito mundial.

El principal responsable de la idea y diseño de Arduino, y la cabeza visible del proyecto es el llamado "Arduino Team", formado por Massimo Banzi (profesor en aquella época del Instituto Ivrea), David Cuartielles (profesor de la Escuela de Artes y Comunicación de la Universidad de Malmö, Suecia), David Mellis (por aquel entonces estudiante en Ivrea y actualmente miembro del grupo de investigación High-Low Tech del MIT Media Lab), Tom Igoe (profesor de la Escuela de Arte Tisch de Nueva York), y Gianluca Martino (responsable de empresa fabricante de los prototipos de las placas, cuya web oficial es: <http://www.smartprojects.it>).¹⁰

1.2.3.2. Software Libre

Según la Free software Foundation (<http://www.fsf.org>), organización encargada de fomentar el uso y desarrollo del software libre a nivel mundial, un software para ser considerado libre ha de ofrecer a cualquier persona u organización cuatro libertades básicas e imprescindibles:

- **Libertad 0:** la libertad de usar el programa con cualquier propósito y en cualquier sistema informático.
- **Libertad 1:** la libertad de estudiar cómo funciona internamente el programa, y adaptarlo a las necesidades particulares. El acceso al código fuente es un requisito previo para esto.
- **Libertad 2:** la libertad de distribuir copias.
- **Libertad 3:** la libertad de mejorar el programa y hacer públicas las mejoras a los demás, de modo que toda la comunidad se beneficie. El acceso al código fuente es un requisito previo para esto.¹¹

Un programa es software libre si los usuarios tienen todas estas libertades. pues, el software libre es aquel software que da a los usuarios la libertad de poder ejecutarlo, copiarlo y distribuirlo (a cualquiera y a cualquier lugar), estudiarlo, cambiarlo y mejorarlo, sin tener que pedir ni pagar permisos al desarrollador original ni a ninguna otra entidad específica. La distribución de las copias puede ser con o sin modificaciones propias, y atención, puede ser gratis ¡o no!: el "software libre" es un asunto de libertad, no de precio.¹²

Las especificaciones de los distintos modelos de placas Arduino se resumen en la **Tabla 2**. Los modelos Arduino Diecimila, Arduino Duemilanove y Arduino Mega

¹⁰ [Citado el 15 de Octubre de 2015] Disponible en < <http://spectrum.ieee.org/geek-life/hands-on/the-making-of-arduino/0>>

¹¹ [Citado el 23 de Octubre de 2015] Disponible en < <http://www.gnu.org/philosophy/free-sw.es.html>>

¹² TORRENTE ARTERO, Oscar. Curso práctico de formación. RC Copyright 2013. p.63-65 ISBN 978-84-940725-0-5

están basados en los microcontroladores ATmega168, ATmega328 y ATmega1280 **Tabla 3.**

Tabla 2. Especificaciones técnicas modelos Arduinos

Modelo	Microcontrolador	Voltaje de entrada	Voltaje del sistema	Frecuencia de Reloj	Digital I/O	Entradas Analógicas	PWM	UART	Memoria Flash	Cargador	Interfaz de Programación
Arduino Due	AT91SAM3X8E	5-12V	3,3V	84MHz	54*	12	12	4	512Kb	Due	Nativa USB
Arduino Leonardo	ATmega32U4	7-12V	5V	16MHz	20*	12	7	1	32Kb	Leonardo	Nativa USB
Arduino Uno - R3	ATmega328	7-12V	5V	16MHz	14	6	6	1	32Kb	Optiboot	USB via ATmega16U2
RedBoard	ATmega328	7-15V	5V	16MHz	14	6	6	1	32Kb	Optiboot	USB via FTDI
Arduino Uno SMD (descontinuado)	ATmega328	7-12V	5V	16MHz	14	6	6	1	32Kb	Optiboot	USB via ATmega8U2
Arduino Uno (descontinuado)	ATmega328	7-12V	5V	16MHz	14	6	6	1	32Kb	Optiboot	USB via ATmega8U2
Arduino Duemilanove (descontinuado)	ATmega328	7-12V	5V	16MHz	14	6	6	1	32Kb	AtmegaBOOT	USB via FTDI
Arduino Bluetooth (descontinuado)	ATmega328	1,2-5,5V	5V	16MHz	14	6	6	1	32Kb	AtmegaBOOT	SerialBluetooth
Arduino Pro 3.3V/8MHz	ATmega328	3,35 -12V	3,3V	8MHz	14	6	6	1	32Kb	AtmegaBOOT	Cabecera compatible con FTDI
Arduino Pro 5V/16MHz	ATmega328	5 - 12V	5V	16MHz	14	6	6	1	32Kb	AtmegaBOOT	Cabecera compatible con FTDI
Ethernet Pro (descontinuado)	ATmega328	7-12V	5V	16MHz	14	6	6	1	32Kb	AtmegaBOOT	Cabecera compatible con FTDI
Arduino Mega 2560 R3	ATmega2560	7-12V	5V	16MHz	54	16	14	4	256Kb	STK500v2	USB via ATmega16U2

Arduino Mega 2560 (descontinuado)	ATmega2560	7-12V	5V	16MHz	54	16	14	4	256Kb	STK500v2	USB via ATmega8U2
Arduino Mega (descontinuado)	ATmega1280	7-12V	5V	16MHz	54	16	14	4	128Kb	STK500v2	USB via FTDI
Mega Pro 3.3V	ATmega2560	3,3-12V	3,3V	8MHz	54	16	14	4	256Kb	STK500v2	Cabecera compatible con FTDI
Mega Pro 5V	ATmega2560	5-12V	5V	16MHz	54	16	14	4	256Kb	STK500v2	Cabecera compatible con FTDI
Arduino Mini 04 (descontinuado)	ATmega328	7-9V	5V	16MHz	14	6	8	1	32Kb	AtmegaBOOT	Cabecera Serial
Arduino Mini 05	ATmega328	7-9V	5V	16MHz	14	6	8	1	32Kb	AtmegaBOOT	Cabecera Serial
Arduino Pro Mini 3.3V/8MHz	ATmega328	3,35-12V	3,3V	8MHz	14	6	6	1	32Kb	AtmegaBOOT	Cabecera compatible con FTDI
Arduino Pro Mini 5V/16MHz	ATmega328	5 - 12V	5V	16MHz	14	6	6	1	32Kb	AtmegaBOOT	Cabecera compatible con FTDI
Arduino Fio	ATmega328P	3,35-12V	3,3V	8MHz	14	8	6	1	32Kb	AtmegaBOOT	Cabecera compatible con FTDI o Inalámbrica via XBee ¹
Mega Pro Mini 3.3V	ATmega2560	3,3-12V	3,3V	8MHz	54	16	14	4	256Kb	STK500v2	Cabecera compatible con FTDI
Pro Micro 5V/16MHz	ATmega32U4	5-12V	5V	16MHz	12	4	5	1	32Kb	DiskLoader	Nativa USB
Pro Micro 3.3V/8MHz	ATmega32U4	3,35-12V	3,3V	8MHz	12	4	5	1	32Kb	DiskLoader	Nativa USB

LilyPad Arduino 328 Main Board	ATmega328	2,7-5,5V	3,3V	8MHz	14	6	6	1	32Kb	AtmegaBO OT	Cabecera compatible con FTDI
LilyPad Arduino Simple Board	ATmega328	2,7-5,5V	3,3V	8MHz	9	4	5	2	32Kb	AtmegaBO OT	Cabecera compatible con FTDI

Tabla 3. Otros modelos de Arduinos.

	ATmega168	ATmega328	ATmega1280
Voltaje operativo	5 V	5 V	5 V
Voltaje de entrada recomendado	7-12 V	7-12 V	7-12 V
Voltaje de entrada límite	6-20 V	6-20 V	6-20 V
Contactos de entrada y salida digital	14 (6 proporcionan PWM)	14 (6 proporcionan PWM)	54 (14 proporcionan PWM)
Contactos de entrada analógica	6	6	16
Intensidad de corriente	40 mA	40 mA	40 mA
Memoria Flash	16KB (2KB reservados para el bootloader)	32KB (2KB reservados para el bootloader)	128KB (4KB reservados para el bootloader)
SRAM	1 KB	2 KB	8 KB
EEPROM	512 bytes	1 KB	4 KB
Frecuencia de reloj	16 MHz	16 MHz	16 MHz

Fuente: <http://www.arduino.cc/en/pmarduino.php>

1.2.4. Programación:

Es la actividad para la elaboración de programas; conjunto de instrucciones que explicitan un algoritmo escrito en un lenguaje de programación y con las que se puede realizar un trabajo determinado mediante la ejecución de tales instrucciones por la computadora. Lo anterior, aunado al hecho de contar con un sujeto y un objeto (la computadora) conlleva a un proceso de comunicación y establecimiento de procesos por organizarse para un fin que, a su vez, determina tres requisitos previos a la actividad de programar:

- La necesidad de resolver un problema con ayuda de la computadora.
- Una estrategia de solución con pasos, acciones o procesos a desarrollar para resolver el problema en cuestión (algoritmo).
- Un lenguaje que permita la comprensión y expresión de datos y acciones computacionales por realizar y resolver el problema dado.

El primero de estos requerimientos es la causa del resto. Sin problema especial por resolver con ayuda de una computadora, no hay necesidad de programar a nivel computacional, ni estrategia de resolución a encontrar o desarrollar, y mucho menos, un lenguaje artificial por emplear.¹³

Dentro de la programación de Arduino se puede encontrar:

Tabla 4. Programación en Arduino.

Estructura	Puerto serie
estructura	Serial.begin(rate)
setup()	Serial.println(data)
loop()	Serial.print(data, data type)
funciones	entrada digital /salida digital
{}uso de llaves	salida de alto consumo (corriente)
;punto y coma	salida analógica (pwm)
/*...*/ Bloque de comentarios	potenciómetro de entrada
//línea de comentarios	Resistencia variable de entrada
Aritmética	Constantes
Aritmética	Constantes
Composición de asignaciones	Cierto/falso
operadores de comparación	alto/bajo
Operadores lógicos	entrada/salida
E/S analógicas	Tiempo
analogRead(pin)	delay(ms)
analogWrite(pin, value)	millis()

¹³ MORA, Maricruz. Explorando la programación. Lenguaje Logo 1994. p.9 ISBN 9977-64-762-3

Tipos de datos	Control de flujo
byte	if
int	if...else
long	for
float	while
arrays	do...while
Aleatorio	Matemáticas
randomSeed(seed)	min(x, y)
random(min, max)	max(x, y)
E/S digitales	Variables
pinMode(pin, mode)	Variables
digitalRead(pin)	Declaración de variables
digitalWrite(pin, value)	Variable Scope

Fuente: www.arduino.cc

1.2.5. Modem GPRS M95 (Para Arduino):

1.2.5.1. Descripción.

M95 Shield para Arduino. Permite integrar conectividad GSM/GPRS en sus aplicaciones de Arduino a través del Modem Quectel M95. El M95 es un módulo GSM/GPRS capaz de operar en 4 bandas (850/900/1800/1900 MHz), se controla con comandos AT a través del puerto serial del Arduino. Posee un amplio set de funciones, entre las cuales están GPRS/TCP/UDP/PPP/FTP/HTTP/SMS/Voz/FAX, por esto puede ser usado en diversidad de aplicaciones.

La tarjeta incluye todos los componentes necesarios para operar el Modem, tales como regulador e interfaces de sim-card, UART, antena, audio, botones y leds de control¹⁴

Figura 7. Modem M95.



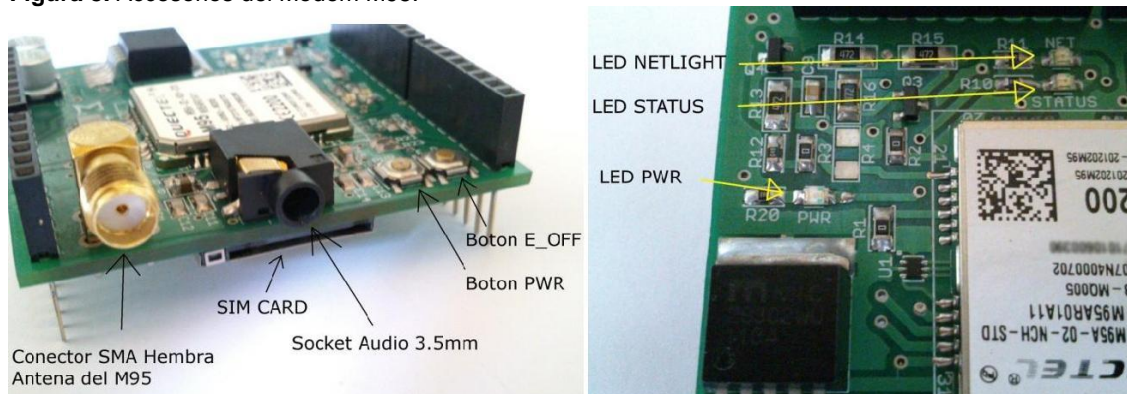
Fuente: Sigma Electronics.

¹⁴ Anexo H. DataSheet Tarjeta Arduino M95.

1.2.5.2. Características.

- **Regulador de voltaje:** Ajustado a 4.2 voltios. Este se alimenta del terminal VIN del Arduino, y esta línea regulada, alimenta al M95.
- **Interfaz Serial:** Circuito nivelador lógico que adapta los niveles de voltaje entre el M95 y Arduino, para ambas líneas del puerto UART (TX y RX).
- **Interfaz de Antena:** Conector SMA hembra para conectar la antena del M95 (se vende por separado).
- **Interfaz de “Sim Card”:** Socket para “Sim Card” de carga frontal. La tarjeta SIM debe empujarse horizontalmente para ajustarla y retirarla.

Figura 8. Accesorios del Modem M95.



Fuente: Sigma Electronics.

- **Botones de control:** El botón “PWR” controla el terminal “PWRKEY” del M95 el cual permite prenderlo o apagarlo “manualmente”. El botón “E_O” controla el terminal “EMERG_OFF” del M95, para accionar el apagado de emergencia “manualmente”.
- **Leds de estado:** Led PWR indica que la tarjeta está siendo alimentada (conectado a la línea de salida del regulador de 4.2 voltios). Led STATUS: Indicador del terminal Status del M95. Permite conocer a simple vista, si el M95 está prendido o apagado. Led NET: Indicador del terminal Net light del M95. Permite conocer el estado en la red del M95.

1.2.5.3. Conexiones con Arduino.

Cuatro terminales de conexión: (1 de diez pines, 2 de ocho pines y 1 de seis pines), conectan todos los pines de la tarjeta Arduino al Shield. Los circuitos de la Sim-Card, de la antena, y del socket de audio, no intervienen de forma alguna con la tarjeta Arduino. Los puntos de conexión de energía, pueden usarse para alimentar otros componentes que puedan necesitarlos en su circuito, teniendo en cuenta que el terminal “VIN” presentara el voltaje conectado en el “jack” de alimentación externa de la tarjeta Arduino.

Figura 9. Pines de Conexión.



Fuente: Sigma Electronics.

Energía

Este Shield, se alimenta del terminal “VIN” del Arduino. El voltaje presente en este pin, alimenta el regulador del cual se alimenta el M95. Por esto, se recomienda no usar este Shield cuando la tarjeta Arduino está alimentándose por USB. Debe usar un regulador o fuente externa y alimentar la tarjeta Arduino a través de su jack de energía. En este plug, se recomienda usar una fuente que soporte al menos 2 amperios, y un voltaje entre 9 y 15 voltios. El Shield también usa la línea de 5 voltios de la tarjeta Arduino, pero solo se usa para el circuito de nivelación lógica, por lo cual no se exige corriente de este.

Figura 10. Terminales de conexión alimentación de energía.



Fuente: Sigma Electronics.

Modo de operación:

Software: los pines listados a continuación, son usados por el Shield y por ello no puede conectar alguna otra cosa en ellos. Los pines y su configuración son (Esta numeración de pines, tiene como referencia la numeración de los pines digitales en el Arduino UNO, donde RX es el pin 0 y TX es el pin 1 del terminal de conexión de 8 puntos, contiguo al terminal de 10 pines):

PIN 0: Entrada digital (RX del UART del Arduino)

PIN 1: Salida digital (TX del UART del Arduino).

PIN 2: Salida digital. Estado inicial en 0 PWRKEY).

PIN 3: Salida digital. Estado inicial en 0 (EMERG_OFF).

PIN 4: Entrada digital con pull-up (STATUS).

PIN 13: Salida digital (OPCIONAL, para operar el led en la tarjeta Arduino)

Anexo H. DataSheet Tarjeta Arduino M95.

1.2.6. Comandos AT

Un comando AT (ATention, Atención) es una guía de instrucción que comienza por las letras AT seguidas de letras o números y que se utiliza para configurar los parámetros de un módem o indicarle que realice una determinada acción. En realidad, todas las opciones que aparecen en las fichas General y Conexión se activan mediante comandos AT, lo que ocurre es que Windows presenta la información con sus métodos habituales (botones, casillas, cajas de lista. etc.) y luego se encarga de generar los comandos AT adecuados a partir de los valores seleccionados por el usuario. En el manual de usuario del módem debe venir una lista completa de los comandos AT que soporta.¹⁵

Aunque la finalidad principal de los comandos AT es la comunicación con modems, la telefonía móvil GSM también ha adoptado como estándar este lenguaje para poder comunicarse con sus terminales. De esta forma, todos los teléfonos móviles GSM poseen un juego de comandos AT específico que sirve de interfaz para configurar y proporcionar instrucciones a los terminales, permiten acciones tales como realizar llamadas de datos o de voz, leer y escribir en la agenda de contactos y enviar mensajes SMS, además de muchas otras opciones de configuración del terminal.¹⁶

Anexo I. Comandos AT, M95 V1.2

¹⁵ BERRAL MONTERO, Isidro. Operaciones Auxiliares de montaje de componentes informáticos. Paraninfo 2010. p.156 ISBN 978-84-9732-777-0

¹⁶ [Citado el 12 de Julio de 2015] Disponible en<<https://sites.google.com/site/3cuelelectronica/home/comandos-at-1>>

1.2.7. Comunicaciones Móviles:

Las telecomunicaciones han experimentado un considerable dinamismo en los últimos tiempos, que se ha traducido en cambios estructurales, organizativos y regulatorios de la dinámica del mercado.

En este contexto, han surgido y surgen importantes oportunidades de crear y desarrollar nuevos mercados, apoyándose en la implantación de nuevas redes y servicios soportados por estas tecnologías, que tratan de materializar dichas oportunidades. Este movimiento se ve dirigido por tres fuerzas motrices: la política regulatoria, la de la oferta tecnológica y la del propio mercado, que es la que finalmente determinará la bondad de todas las acciones derivadas de las anteriores. Este hecho ha creado y crea ciertas incertidumbres sobre algunos de los desarrollos tecnológicos.

Centrándonos en la componente tecnológica y tomando la perspectiva Europea., dada la multiplicidad y variedad de tecnologías disponibles, puede decirse que en el contexto se han desarrollado un conjunto de estándares que a la postre han resultado exitosos e incluso en algunos casos adoptados a nivel mundial. Las distintas tecnologías han alcanzado distintos niveles de madurez, revisándose sus características esenciales y sus ámbitos de aplicación a continuación.

1.2.7.1. Telefonía celular

La telefonía celular es un sistema de comunicación telefónica totalmente inalámbrica, en este caso los sonidos se convierten en señales electromagnéticas, que viajan a través del aire, siendo recibidas y transformadas nuevamente en mensaje a través de antenas repetidoras o vía satélite. El área que cubre una antena es una célula.

Los encargados de diseñar el prototipo final de la telefonía móvil, fueron los científicos del laboratorio Bell, quienes después de muchos intentos inspirados en los radioteléfonos, dieron inicio a la telefonía celular en 1983, extendiéndose a nivel mundial. En Colombia, la telefonía móvil llegó en 1994, dando inicio a la libre competencia en el sector de las telecomunicaciones, rompiendo con una larga tradición de monopolio y proteccionismo por parte del estado¹⁷.

En la actualidad existen tres tecnologías comúnmente usadas para transmitir información en las redes:

¹⁷ [Citado el 28 de Julio de 2015] Disponible en<
http://www.banrepcultural.org/blaavirtual/ayudadetareas/comunicacion/medios_telefonicos.html>

- **Acceso múltiple por división de frecuencia (FDMA)** divide el espectro en distintos canales de voz, al separar el ancho de banda en pedazos (frecuencias) uniformes. Esta tecnología es utilizada en la transmisión analógica.
- **Acceso múltiple por división de tiempo (TDMA)** divide el espectro en distintos canales de voz, al separar el ancho de banda en pedazos (frecuencias) uniformes. La tecnología FDMA es mayormente utilizada para la transmisión analógica. Esta tecnología no es recomendada para transmisiones digitales, aun cuando es capaz de llevar información digital.
- **Acceso múltiple por división de (CDMA):** Esta tecnología es muy diferente a la tecnología TDMA. La CDMA, después de digitalizar la información, la transmite a través de todo el ancho de banda disponible.

Varias llamadas son sobrepuestas en el canal, y cada una tiene un código de secuencia único. Usando a la tecnología CDMA, es posible comprimir entre 8 y 10 llamadas digitales para que estas ocupen el mismo espacio que ocuparía una llamada en el sistema analógico.

En teoría, las tecnologías TDMA y CDMA deben de ser transparentes entre sí (no debe interferirse o degradar la calidad), sin embargo en la práctica se presentan algunos problemas menores, como diferencias en el volumen y calidad.¹⁸

1.2.7.2. Historia de la telefonía celular en Colombia

Llega a Colombia en el 1994, luego se adjudican dos licencias que fueron denominadas: A (privada) y B (mixta en cada una). Por último el país se dividió en tres zonas de la siguiente manera:

- **Oriente:** Comcel, Celumovil
- **Occidental:** Ocel, Cocolco
- **Norte:** Celcaribe, Celumovil

Luego de unos años se realizó un proceso de fusiones empresariales. Comcel absorbe Ocel y Celcaribe., y Bellsouth compra Celumovil y Cocolco. En el año 2003 surge Colombia Móvil con la marca OLA que posteriormente se llamaría TIGO. Doce años después nace Uff móvil, finalmente a finales del 2014 y comienzos del 2015 ETB incursiona en el mercado de telefonía celular.

¹⁸ BATEMAN, Andy. Comunicaciones digitales. Marcombo S.A Sevilla 2010. p .187-202 ISBN 84-267-1337-8

1.2.8. Sistemas celulares digitales

Los sistemas de comunicaciones móviles celulares son, en términos generales, aquéllos capaces de proporcionar servicios de telecomunicación sobre zonas geográficas extensas y con capacidad para mantener la continuidad de las comunicaciones mientras el usuario se va desplazando. Lógicamente, para que esto sea posible debe desplegarse una red siguiendo una cierta arquitectura e incorporando una serie de funcionalidades y procedimientos.¹⁹

En todo caso, el contacto entre el usuario y la red se lleva a cabo vía radio con las denominadas estaciones base, que son todo el conjunto de elementos de red que tiene la capacidad física de transmitir y recibir las señales. El número, ubicación y configuración de estas estaciones base debe ser suficiente para proporcionar el servicio deseado en las zonas deseadas, la calidad deseada en las comunicaciones y la capacidad suficiente para el número de clientes que tenga el operador de red.

Hay una gran diversidad de estándares de sistemas de comunicaciones móviles celulares en todo el mundo, basados en distintas tecnologías y con distintas capacidades. Generalmente los sistemas se suelen clasificar, en función de sus capacidades en generaciones: primera generación (1G), básicamente marcada por ser analógica; segunda generación (2G), con tecnología digital y para soportar fundamentalmente voz, y tercera generación (3G), de banda ancha para soportar servicios multimedia.

La complejidad de la transición entre redes móviles orientadas a voz y redes móviles multimedia, y la convergencia con Internet, ha ocasionado la aparición de una generación intermedia conocida como 2.5G.

a) GSM

En el inicio de los años 80 aparecieron en el mundo los primeros sistemas de comunicaciones celulares móviles. El aislamiento de los diferentes sistemas así como las proyecciones de saturación de su capacidad empezaron rápidamente a ser aspectos preocupantes. Por otro lado, los costes relacionados con la investigación y desarrollo de la tecnología móvil eran muy elevados, lo que incitó a los fabricantes y operadores a considerar sistemas globales, de forma a que se pudiesen crear economías de escala.

¹⁹ TOMASI, Wayne. Sistemas de Comunicaciones Móviles. Parson México 2003. p .864-868 ISBN 970-26-0316-1

En este contexto, en 1982 la CEPT (Conférence des Administrations Europeenes des Postes et Télécommunications) responde a estas cuestiones creando el Groupe Spciale Mobile (GSM). Y posteriormente rebautiza las siglas de Global System for Mobile Telecommunications, con el propósito de desarrollar especificaciones técnicas para una red europea de telecomunicaciones móviles capaz de soportar los millones de futuros clientes del nuevo servicio. Los principios básicos para la segunda generación de móviles eran la buena calidad de servicio, terminales y servicios baratos, roaming internacional, eficiencia espectral, compatibilidad RDSI. etc. [MOU-92].

En 1984 la Comisión Europea dio su apoyo formal al GSM y. en 1986, dictó una directiva que estableció las fundaciones políticos del GSM. La recomendación delineaba una introducción coordinada del GSM, con el lanzamiento limitado del servicio en 1991, seguido de la cobertura completa de las principales ciudades en 1993 y la unión de todas las áreas en 1995. La directiva citaba la obligación de reservar los bloques necesarios en la banda de 900 MHz para asegurar la implementación del sistema.

El siguiente paso llevaba a que fuese necesario que los potenciales operadores se comprometiesen con el futuro sistema, lo cual se empezó a conseguir con la firma del Memorandum of Understanding (MoU) en 1987, rubricado por 15 signatarios, entre los cuales Telefónica, de un total de 13 países. A partir de ese momento comenzaron a ser probadas las soluciones tecnológicas posibles, culminando con la elección de la tecnología de acceso TDMA (Time Division Multiple Access) combinada con FDMA (Frequency Division Multiple Access)²⁰

Pronto se vio que había más problemas de los previstos, por lo que se acordó que se efectuaría el desarrollo de la especificación en dos fases Además la implantación en términos geográficos se vislumbró que debía realizarse en fases, empezando por ciudades importantes y aeropuertos y siguiendo con autopistas, se calculó que se tardarían años en lograr un servicio completo a todo Europa.

No se alcanzó la fecha acordada de 1 de julio de 1991 para el lanzamiento comercial del sistema GSM. A ello contribuyeron el retraso del desarrollo y acuerdo de pruebas de certificación así como la necesidad de modificar algunas especificaciones GSM, ya que la complejidad técnica del desarrollo de terminales portátiles se tardó en resolver más de lo previsto. El servicio comercial del sistema GSM llego en 1992, si bien el tamaño de las áreas de cobertura y el número de usuarios era bastante dispar.

²⁰ TOMASI, Wayne. Sistemas de Comunicaciones Móviles. Parson México 2003. p .898-903 ISBN 970-26-0316-1

A finales de 1993 el número de operadores que habían firmado el MoU había aumentado a 45. Treinta redes GSM estaban en servicio con cerca de un millón de abonados en todo el mundo. A finales de 1994 el número de miembros del MoU había crecido a 102 de 60 países. En 1995 el MoU ya poseía 156 miembros, pertenecientes a 86 países, con 12 millones de clientes. En EEUU la FCC (Federal Communications Commission) decidió abrir partes de la frecuencia de los 1900 MHz para usos móviles, con elección del sistema por parte de las operadoras. Se desarrolló entonces el PCS1900, una variante del GSM, para aprovechar la oportunidad abierta en el mercado norteamericano. En noviembre de 1995 fue lanzada en EEUU el primer servicio PCS1900.

A principios del siglo XXI, los sistemas GSM900/IS00/1 900 son utilizados en 135 países, con 345 millones de usuarios diseminados por 366 redes. El lanzamiento de terminales tribanda (que operan en la frecuencia 900, 1800 y 1900 MHz) posibilita capacidades de roaming cada vez mayores, ya que los usuarios pueden utilizar las tres frecuencias disponibles en los cinco continentes. La aparición de GSM tuvo un impacto todavía mayor en las telecomunicaciones: la apertura de los mercados a operadoras privadas. Los nuevos actores trajeron consigo estrategias de marketing agresivas y una lógica comercial al sector.

Servicios básicos:

- **Servicios portadores.** La red únicamente presta como servicio la transmisión de datos, en participar en su estructura interna o finalidad. Los servicios portadores proporcionan la capacidad de transferencia entre terminales conectados a la red GSM local (PLMN), así como con equipos conectados a otras redes. Servicios básicos portadores soportados por la red GSM son datos por conmutación de circuitos, a 300, 1200, 2400, 4400 y 9.600 bit/s.
- **Tele servicios.** Son aquellos servicios de telecomunicación que proporcionan plena capacidad de comunicación entre usuarios o terminales, de acuerdo con protocolos preestablecidos. Son aquellos en que el servicio completo se presta con participación de la red. Tele servicios soportados por la red GSM son telefonía (voz), Llamadas de emergencia, servicio de mensajes cortos (SMS), fax automático grupo

Servicios suplementarios:

- Son servicios adicionales relacionados con la comunicación entre usuarios. Ejemplos de servicios suplementarios son: autenticación de usuarios, identificación de llamada entrante, restricción de llamadas, transferencia de

llamadas, llamada en espera, multiconferencia, grupo cerrado de usuarios.²¹

b) GPRS

La poca adecuación de GSM para soportar aplicaciones de datos al estar orientada a modo circuito motivó que la ETSI definiera GPRS, una tecnología orientada a paquetes y por lo tanto más adecuada para las transmisiones de datos, en concordancia con los mecanismos empleados en las redes fijas. Las bases que se fijaron para el diseño GPRS son fundamentalmente:²²

- Eficiencia espectral, mediante la asignación de los recursos en el enlace de subida y en el enlace de bajada de forma separada, dadas las características asimétricas de muchos servicios de paquetes de datos.
- Bajo coste de implantación, mediante la reutilización de todo el hardware posible va diseñado para el sistema GSM así como la capacidad para un canal de ser asignado dinámicamente a GSM o GPRS de acuerdo con los niveles relativos de tráfico ofrecido a cada caso.
- Mejores prestaciones en cuanto a velocidad: aumento en el caso ideal la velocidad de transmisión hasta 21.4 kbits/s por slot, lo que permite utilizar idealmente hasta 8 ranuras temporales, quedando una velocidad de transmisión de pico teórica de 171 kbit/s.
- Calidad de servicio, con la capacidad de soportar varias clases de calidad de servicio en términos de caudal, retardos y prioridades, de manera que un conjunto grande de aplicaciones de un nivel más alto con diferentes requerimientos de funcionamiento puedan compartir el mismo medio de transmisión.²³

En una red GSM/GPRS pueden combinarse en paralelo los servicios convencionales de circuitos con los servicios de datos asociados a GPRS. A tal efecto, se definen 3 clases de terminales:

1. Clase A: que soporta GSM y GPRS simultáneamente.

²¹ SALGADO GIRONA, Jordi. Principios de Comunicaciones Móviles. Politécnica de Catalunya, Barcelona 2003. p .20-25 ISBN 84-8301 -715 - 6

²² GARCÍA RODRIGO, Javier. MORALES, Gregorio. Instalación de radiocomunicaciones Móviles. Copyright ParaInfo 2012. p .36-38 ISBN 978-84-9732-078-8

²³ FIGUEIRAS, Aníbal. Una Panorámica a las Telecomunicaciones. Pearson Educación S.A Madrid 2002. p .130-136 ISBN 84-205-3100-6

2. **Clase B:** que puede estar registrado simultáneamente a GSM y GPRS, pero en un momento dado sólo puede utilizar los servicios de una u otra tecnología.
3. **Clase C:** que puede registrarse a GSM o a GPRS, pero no de forma simultánea (excepto los SMS que se pueden enviar o recibir en cualquier momento).

Dado el elevado coste asociado a los terminales de clase A. los modelos lanzados por los fabricantes en los primeros años de despliegue son únicamente de clase B. El número de canales depende de cada terminal y varían de 1 a 4 en el enlace descendente y de 1 a 2 para el enlace ascendente, aunque el estándar permite terminales de hasta 8 canales simultáneos en cada enlace.

Ello implica que las velocidades máximas teóricas abarcan hasta 85.6 kbits/s de bajada y hasta 42.8 kbits/s de subida. Hay que tener muy presente el elevado consumo de energía y la consecuente disipación de potencia en el terminal en caso de plantear configuraciones que proporcionen elevadas velocidades de transmisión. En cuanto a los esquemas de codificación, los denominados CS-3 y CS-4, que son los que proporcionan mayores velocidades de transmisión, no es previsible que se lleguen a implantar.

Con todo lo anterior, en la práctica las primeras pruebas de campo realizadas proporcionaron caudales de datos realmente bajos, inferiores incluso a los 10 kbits/s. Tras un primer refinamiento, es razonable conseguir del orden de 20-30 kbits/s para unas condiciones de carga de la red adecuadas.

El cambio más relevante que introduce la red GPRS en la red GSM es la incorporación de dos nuevos nodos: el SGSN (Serving GPRS Support Node) y el GGSN (Gateway GPRS Support Node) para la gestión de movilidad y mantenimiento del enlace lógico entre el móvil y la red, así como proporcionar el acceso a las redes de datos (Internet) ²⁴

A nivel radio, los cambios requeridos respecto a GSM son pocos, ligados únicamente a la introducción de una comunicación de paquetes sobre el interfaz aire con la adición del PCU (Packet Control Unit), encargada de manejar la comunicación de paquetes. Las PCUs se añaden en las estaciones base centrales (BSC) y requieren la introducción de un nuevo software en las BTS.

GPRS se plantea como un servicio portador y no finalista. Ello implica que los usuarios finales deberán tener preparadas sus aplicaciones para poder trabajar en un entorno altamente hostil como el entorno radio. Aplicaciones usuales que

²⁴ FIGUEIRAS, Aníbal. Una Panorámica a las Telecomunicaciones. Pearson Educación S.A Madrid 2002. p .130-136 ISBN 84-205-3100-6

funcionan correctamente en el mundo Internet, no necesariamente lo harán en un entorno GPRS. La presencia, por ejemplo, de interrupciones originadas por el canal móvil por falta de cobertura así como los errores de transmisión, bajas velocidades y las consiguientes latencias implicadas en la entrega de datos, son responsables en la práctica de un deficiente funcionamiento de los típicos protocolos de comunicaciones tal como el familiar TCP usado en Internet

En GSM, cuando se realiza una llamada se asigna un canal de comunicación al usuario, que permanecerá asignado aunque no se envíen datos. En GPRS los canales de comunicación se comparten entre los distintos usuarios dinámicamente, de modo que un usuario sólo tiene asignado un canal cuando se está realmente transmitiendo datos. Para utilizar GPRS se precisa un teléfono que soporte esta tecnología. La mayoría de estos terminales soportarán también GSM, por lo que podrá realizar sus llamadas de voz utilizando la red GSM de modo habitual y sus llamadas de datos (conexión a internet, WAP,...) tanto con GSM como con GPRS.

La tecnología GPRS, o generación 2.5, representa un paso más hacia los sistemas inalámbricos de Tercera Generación o UMTS. Su principal baza radica en la posibilidad de disponer de un terminal permanentemente conectado, tarifando únicamente por el volumen de datos transferidos (enviados y recibidos) y no por el tiempo de conexión. Tradicionalmente la transmisión de datos inalámbrica se ha venido realizando utilizando un canal dedicado GSM a una velocidad máxima de 9.6 Kbps. Con el GPRS no sólo la velocidad de transmisión de datos se ve aumentada hasta un mínimo 40 Kbps y un máximo de 115 Kbps por comunicación, sino que además la tecnología utilizada permite compartir cada canal por varios usuarios, mejorando así la eficiencia en la utilización de los recursos de red.

La tecnología GPRS permite proporcionar servicios de transmisión de datos de una forma más eficiente a como se venía haciendo hasta el momento. GPRS es una evolución no traumática de la actual red GSM: no conlleva grandes inversiones y reutiliza parte de las infraestructuras actuales de GSM. Por este motivo, GPRS tendrá, desde sus inicios, la misma cobertura que la actual red GSM. GPRS (Global Packet Radio Service) es una tecnología que subsana las deficiencias de GSM.

Ventajas

El sistema GSM no se adaptaba del todo bien a la transmisión de datos. Las ventajas de GPRS son:

- Velocidad de transferencia de hasta 144 Kbps.

- Conexión permanente. Tiempo de establecimiento de conexión inferior al segundo.
- Pago por cantidad de información transmitida, no por tiempo de conexión.

Ventajas del GPRS para el usuario.

Las ventajas que obtiene el usuario con el sistema GPRS son consecuencia directa de las características vistas en el punto anterior.

- Característica de "Always connected": un usuario GPRS puede estar conectado todo el tiempo que desee, puesto que no hace uso de recursos de red (y por tanto no paga) mientras no esté recibiendo ni transmitiendo datos.
- Tarifación por volumen de datos transferidos, en lugar de por tiempo.
- Coste nulo de establecimiento de conexión a la red GPRS, frente a los quantum de conexión existente actualmente en GSM.
- Mayor velocidad de transmisión. En GSM sólo se puede tener un canal asignado (un "timeslot"), sin embargo, en GPRS, se pueden tener varios canales asignados, tanto en el sentido de transmisión del móvil a la estación base como de la estación base al móvil. La velocidad de transmisión aumentará con el número de canales asignados. Además, GPRS permite el uso de esquemas de codificación de datos que permiten una velocidad de transferencia de datos mayor que en GSM.
- Posibilidad de realizar/recibir llamadas de voz mientras se está conectado o utilizando cualquiera de los servicios disponibles con esta tecnología.
- Modo de transmisión asimétrico, más adaptado al tipo de tráfico de navegación html o wml (un terminal GPRS 4+1 (4 slots downlink y 1 uplink) tendrá cuatro veces mayor capacidad de transmisión de bajada que de subida).

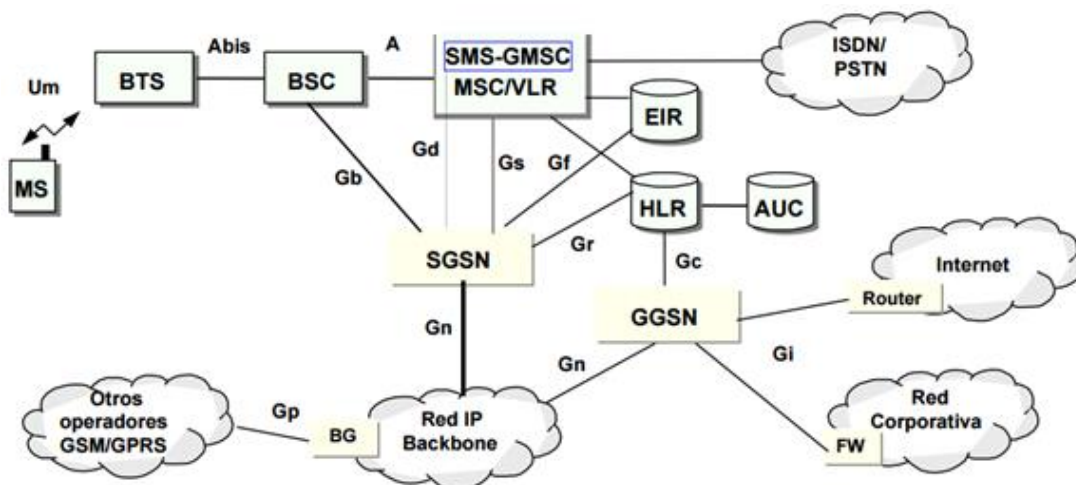


Figura a. Arquitectura GPRS

Fuente. Teoría de la señal Móvil, Comunicaciones móviles y

digitales.

A continuación se describe los elementos.

MS: (estación Móvil). Estación móvil es la identificación del número por medio MSISDN, contiene:

- CC: indicativo del país
- NDC: indicativo nacional de destino
- SN: número de abonado.

BTS (Estación base transceptora) Transceptores y antenas Su potencia de Tx define el tamaño de la celda. Contiene:

- Medidas de intensidad de campo
- Controlador de la estación base (BSC)
- Controla un grupo de BT S y gestiona los recursos de radio
- Traspaso (handover)
- Salto de frecuencias
- Control de niveles de potencia de RF para BTS

BSC (Controlador de estación base): La BSC constituye el primer nivel de concentración de tráfico hacia la red con objeto de minimizar costos de transmisión sus principales funciones son:

- Gestiona y controla la BTS
- Responsabilidad en la asignación y liberación de radio canales con el móvil y de canales terrestres de red
- Gestión de los procesos de transferencia (handover) entre BTS bajo su control.

MSC (Centro de conmutación móvil): El Centro de Conmutación Móvil (MSC) es el servidor primario para manejar las conexiones GSM. Es responsable de asignar rutas a las llamadas de voz y a los mensajes de texto SMS, así como de otros servicios. Principales funciones:

- Funciones de conmutación.
- Conexión a otro tipo de redes.
- Procesamiento adicional a los que realiza normalmente una central de conmutación fija.²⁵

²⁵ ESPAÑA BOQUERA, María Carmen. Servicios Avanzados de Telecomunicación. Díaz de Santos S.A Madrid 2003. p .154-160 ISBN 84-7978-607-8

VLR (Registro de localización de visitantes): Base de datos local controlada por el MSC que contiene toda la información relevante de los terminales móviles, consulta la información al HLR con el fin de proporcionar a los usuarios visitantes los servicios suscritos.

- Información a la estación base: IMSI, MSISDN, TMSI.
- Realiza la autenticación del móvil en el MSC asociado. Memoriza los mismos datos que el HLR y así evita señalización entre ambos.

HLR (Registro de localización abonado): Es la base de datos que almacena la identidad y los datos de los abonados que tiene como usuario, toda red GSM al menos tiene un HLR. Proporciona los datos necesarios al GMSC para localizar el móvil cuando se desea establecer una llamada dirigida hacia este y cada usuario está registrado en único HLR

AuC (Centro de autenticación) Es el encargado de gestionar los datos de seguridad y autenticación de abonados también proporciona al HLR (RAND, SRES y KC) que permiten la autenticación del móvil cada MSC / VLR, sus principales funciones son:

- Utilizado para propósitos de seguridad
- Funciones de autenticación y cifrado
- Verificación de la identidad del usuario.

EIR (Registro de identificación de equipos): Es una base de datos mundial que contiene dos tipos de lista:

- Contiene el número de series de los equipos móviles que debido algún defecto o por que han sido robados no deben acceder a la red
- Esta contiene los valores de IMEI (identificación de teléfonos móviles)

El reconoce terminales robados o inválidos esto quiere decir que mantiene una seguridad a nivel de terminales.

GMSC (The Gateway Mobile Switching Centre): Es un tipo especial de MSC que se utiliza para encaminar las llamadas fuera de la red móvil. Cada vez que un llamado a un abonado móvil viene de fuera de la red móvil, o el abonado quiere hacer una llamada a alguien fuera de la red de telefonía móvil la llamada se encaminar a través del GMSC. En la práctica, el GMSC es sólo una función que puede ser parte de un MSC.²⁶

²⁶ ESPAÑA BOQUERA, María Carmen. Servicios Avanzados de Telecomunicación. Díaz de Santos S.A Madrid 2003. p .154-160 ISBN 84-7978-607-8

SGSN (Nodo de soporte GPRS): Es la parte fundamental de una red GPRS está conectado a la BSC por medio de la interfaz Gb y constituye para la terminal móvil el punto de acceso al servicio de la red GPRS. Es el enlace con la red GSM se encarga de él envío de datos las estaciones móviles y gestiona con el soporte de las bases de datos GSM (HLR, VLR, EIR, AuC)

- Autenticación
- Registro
- Control de acceso
- Movilidad
- Recolección de información para tasación del uso de una interfaz aérea.

CG (carga de puerta de enlace): Es el encargado de transferir información de tasación desde SGSN y GGSN al sistema de facturación. Esta funcionalidad puede implementarse en un equipo centralizado o en forma distribuida en SGSN y GGSN. El CG recoge CDR generados en los SGSN y GGSN los consolida y pre procesa antes de pasarlos a facturación.

GGSN (Nodo de Soporte GPRS de puerta de enlace): Es el enlace con las redes de datos (enrutador) contiene la información del enrutamiento de las estaciones móviles registradas y recoge información para la tasación de uso de redes datos externos.

- Controla la asignación de direccionamiento IP cuando es dinámico.
- Recibir datos de señalización desde la red troncal y configurar la operación.
- Proporciona servicios básicos para el acceso ISP.
- Garantiza privacidad y seguridad para la red y el terminal GPRS en este caso actúa como un acceso en redes.²⁷

Tercera Generación 3G

Actualmente, la telefonía móvil e Internet captan el mayor interés dentro del mundo de las telecomunicaciones y la informática, y prueba de ello es el crecimiento experimentado en el número de usuarios que optan por utilizar estos dos servicios. Así, tanto Internet como la telefonía móvil crecen a un ritmo anual muy elevado, bastante más que la telefonía fija.

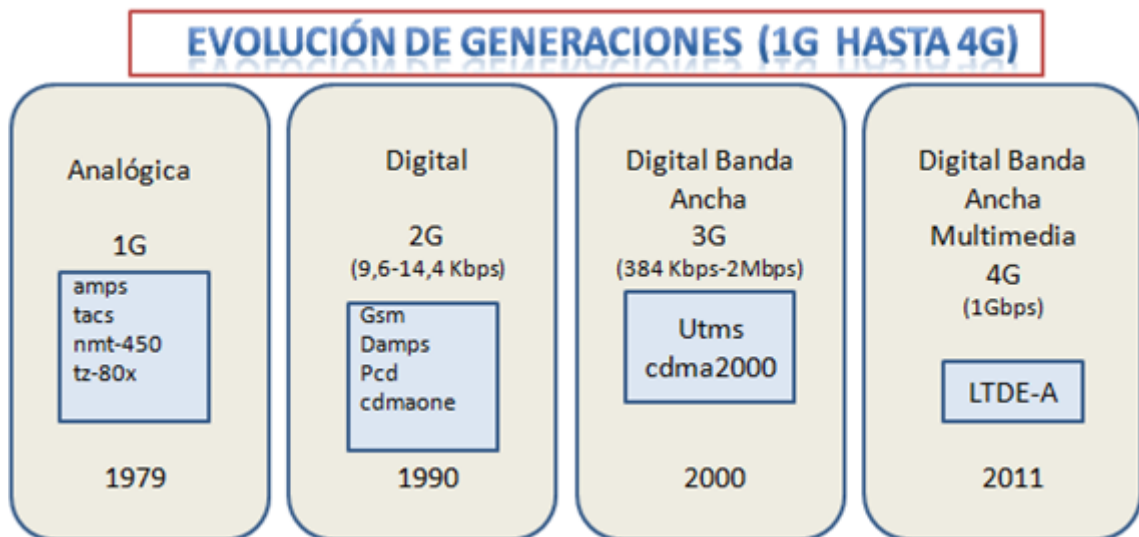
Para el proyecto se centrara en tercera generación ya que es la que se utilizó por las siguientes razones:

²⁷ ESPAÑA BOQUERA, María Carmen. Servicios Avanzados de Telecomunicación. Díaz de Santos S.A Madrid 2003. p .154-160 ISBN 84-7978-607-8

- Es digital y de banda ancha mientras que 2G es solamente digital y 1G es analógico.
- En gran parte del territorio nacional no existe cobertura de estas redes debido a la implementación de 3G y 4G.
- La calidad de voz en una llamada es alta debido a la modulación que posee 3G

Características de la tecnología 3G en la figura 12.

Figura 11. Evolución desde 1G hasta 4G.



Fuente. Apuntes clase de comunicaciones móviles universidad piloto de Colombia

Los sistemas de tercera generación (3G)

IMT-2000 (International Mobile Telecommunications-2000) es una iniciativa de la UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones) que agrupa a una familia de sistemas con capacidades y servicios 3G cuya puesta en servicio en la Unión Europea y otros países, como Japón, se está realizando sujeta a consideraciones de mercado y disponibilidad de terminales en cantidades masivas para atender la demanda.²⁸

Tabla 5. Comparación entre diferentes generaciones de servicios móviles.

²⁸ ESPAÑA BOQUERA, María Carmen. Servicios Avanzados de Telecomunicación. Díaz de Santos S.A Madrid 2003. p .143-147 ISBN 84-7978-607-8

Criterio	Primera Generación	Segunda Generación	Tercera Generación
Servicios	Voz	Voz y Mensajería corta	Voz y Datos
Calidad de Servicio (QOS)	Bajo	Alta	Alta
Nivel estandarización	Baja	Fuerte	Fuerte
Velocidad de transmisión	Baja	Baja	Alta
Tipo de comunicación	Circuitos	Circuitos	Paquetes IP

Fuente: Autores

IMT-2000 entendida sobre la base de sistema de tercera generación y su futura evolución, viene a consolidar y unificar los diversos e incompatibles ambientes móviles de hoy a una infraestructura de Red y Radio capaz de ofrecer un amplio rango de servicios a escala global.

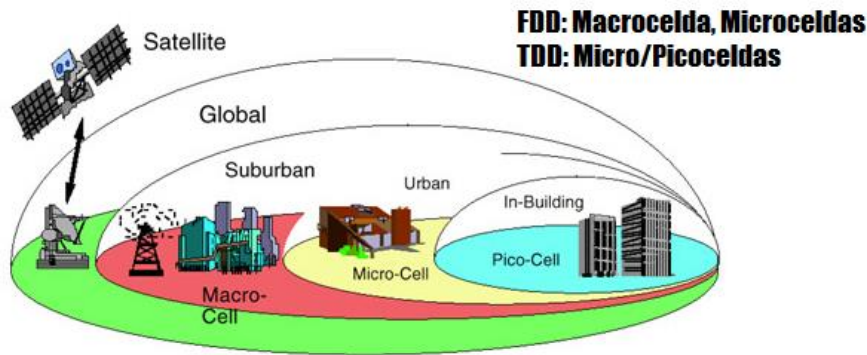
Proporciona acceso a servicios de telecomunicaciones prestados por las redes fijas de telecomunicaciones (RTC y/o RDSI) y a otros servicios específicos de los usuarios móviles. IMT-2000 abarca una gama de servicios y terminales móviles, enlazados a redes terrestres o satelitales, y los terminales pueden ser diseñados para uso móvil o fijo, para ambientes tanto profesional como doméstico, públicos o privados.

Para asegurar el éxito (de los servicios 3G. se ha de proporcionar a los usuarios unas comunicaciones muy eficientes, con una alta velocidad y calidad y, además, fáciles de utilizar. Los sistemas de 3G deben ofrecer:

- Transmisión simétrica/asimétrica de alta fiabilidad.
- Uso de ancho de banda dinámico, en función de la aplicación.
- Velocidades binarias mucho más altas: 144 kbit/s en alta movilidad. 384 Kbits/s en espacios abiertos y 2 Mbits/s en baja movilidad.
- Soporte tanto de conmutación de paquetes (IP) como de circuitos.
- Soporte IP para acceso a Internet (navegación WWW). videojuegos, comercio electrónico. y video y audio en tiempo real.
- Diferentes servicios simultáneos en una sola conexión.
- Calidad de voz como en la red fija.
- Soporte radioeléctrico flexible, con utilización más eficaz del espectro con bandas de frecuencias comunes en todo el mundo.
- Personalización de los servicios, según perfil de usuario.
- Servicios dependientes (de la posición (localización) del usuario).
- Incorporación gradual en coexistencia con los sistemas actuales de 2G.

- Itinerancia (roaming), incluido el internacional, entre diferentes operadores y tipos de redes.
- Ambientes de funcionamiento marítimo, terrestre y aeronáutico.
- Capacidad de terminales telecargables, multibanda y multientorno.
- Economías de escala y un estándar global y abierto que cubra las necesidades de un mercado de masas.
- Provisión de un “ambiente local virtual” en el que el usuario podrá recibir el mismo servicio con independencia de su ubicación geográfica.²⁹

Figura 12. Sistema Universal de Comunicaciones Móviles.



Fuente: Sistemas de telefonía

Estructura de la red UMTS

En el caso de los sistemas de 3G, concretamente para UMTS, existe un proceso de normalización para la red de radio (access network) y otro para la red troncal (core network), según se puede apreciar en la Figura 20, por lo que parte de la infraestructura, principalmente de la red central que incluye conmutación y transmisión, se está desarrollando teniendo en cuenta cierto grado de compatibilidad con las redes digitales actuales, como son las GSM, algo que no sucede para la radio, que es totalmente un nuevo concepto.³⁰

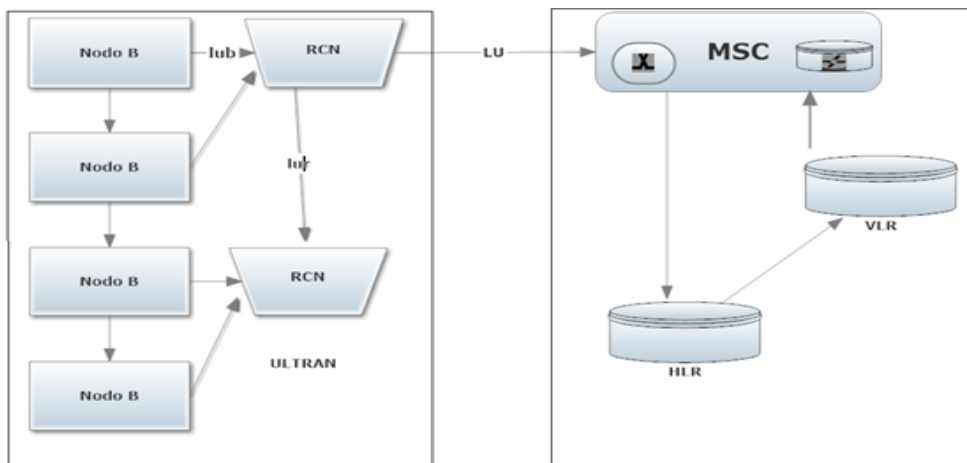


Figura 13. Estructura UMTS

ISBN 84-267-1149-9

Fuente: Sistemas de telefonía

Lo que caracteriza la velocidad y el servicio que puede prestar una red UMTS al cliente y que realmente es el elemento clave diferenciador, es su red de acceso. Esta es una red inalámbrica de tipo celular, con estaciones base (nodos B) repartidas por toda la geografía, proporcionando cobertura de servicio y capacidad a los equipos de usuario (UE) dentro de una zona celda o célula.

Todas las estaciones son controladas por nodos de control (Radio Network Controller. RNC), que a su vez se encuentran conectados a los centros de conmutación (UMSC).

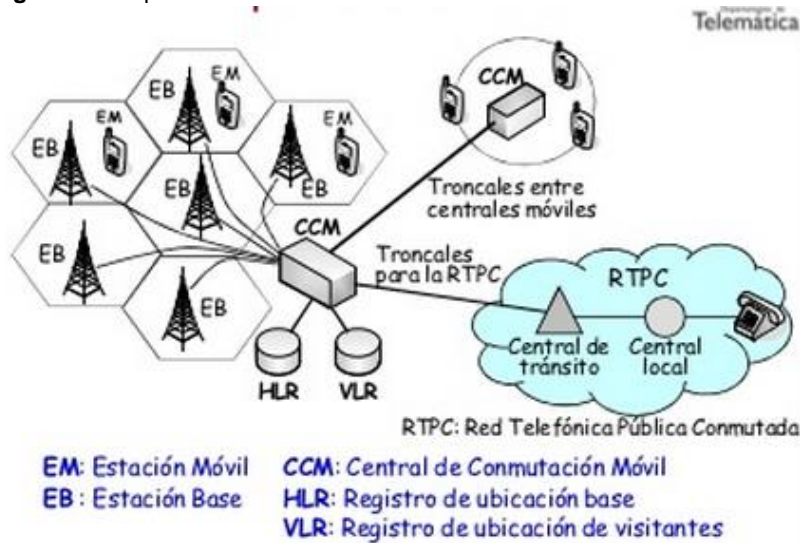
Dentro de la red de acceso, lo más característico es la interfaz radio (U u) entre el nodo B y el terminal del cliente, puesto que éste será el principal cuello de botella de velocidad y funcionalidad de todas las comunicaciones que se intenten realizar.

Al igual que sucedía en GSM, en las redes 3G se aprecian dos grandes subsistemas, además de las estaciones móviles, que son:

- Sistema de Red Radio (UTRANIUMTS Radio Access Network)
- Red Troncal (CN/Core Network) o Núcleo de Red.

Existen distintas versiones de la red UMTS y durante el largo proceso de estandarización, en cada una se añade una nueva funcionalidad y se corrigen los fallos que pudiesen tener las anteriores, siendo compatibles hacia atrás.

Figura 14. Arquitectura Básica 3G.



Fuente: Sistemas de telefonía

En la Figura 15, se puede observar la arquitectura de 3G (Tercera Generación), con varios elementos que se describen a continuación:

Estación base (EB): Se encarga de la transmisión de voz, control, señalización y el control de nivel de potencia.

Interfaz entre usuario y el sistema está compuesta por:

- Unidad de control
- Transceptor
- Sistema de antena

Central de conmutación móvil (CCM): Es el cerebro de la red celular se encarga de controlar las comunicaciones desde y hacia los abonados

- Control de estación base
- Interconexión con otros CCM y la RTPC
- Actividades de tarificación

Registro de ubicación base (HLR): base de datos almacena la información de suscriptores pertenecientes al área de cobertura CCM y realiza la asignación de perfiles.

Registro de ubicación de visitantes (VLR): se encarga de informar al HLR la ubicación de EM también almacena información proveniente del HLR con el fin de proveer servicio a usuarios visitantes.

Traspaso (handover /handoff): transferencia de la conversación a un canal de voz con mejor relación S/N en otra celda.

Itinerancia (roaming): operación de unidades móviles en áreas fuera de zona de servicio a la que este pertenece.

MSC (Mobile Switching Center): El MSC es la pieza central de una red basada en la conmutación de circuitos. El mismo MSC es usado tanto por el sistema GSM como por UMTS, es decir, la BSS (Base Station subsystem) de GSM y el RNS de UTRAN se pueden conectar con el mismo MSC. Esto es posible ya que uno de los objetivos del 3GPP fue conectar a la red UTRAN con la red central de GSM/GPRS. El MSC tiene diferentes interfaces para conectarse con la red PSTN, con el SGSN y con otros MSC's.³¹

³¹ SALLENTO ROIG, Oriol, PÉREZ ROMERO, Jordi. Fundamentos de diseño y gestión de sistemas de comunicaciones móviles y celulares. Politécnico 2014. p .170-185 ISBN 978-84-9880-482-9

En el MSC se realiza la última etapa del MM (Mobility Management) y del CM (Connection Management) en el protocolo de la interfaz aérea, así que el MSC debe encargarse de la dirección de estos protocolos o delegarle la responsabilidad a cualquier otro elemento de la red central. También se encarga del voceo, de la coordinación en la organización de las llamadas de todos los móviles en la jurisdicción de un MSC, de coleccionar los datos para el centro de facturación y control y operación de la cancelación del eco entre otros.

2. ESQUEMA TEMÁTICO.

Dentro de este apartado se verificara los objetivos específicos VS los ejecutados para conseguir el objetivo general del proyecto.

2.1. IDENTIFICAR NIVELES PERMITIDOS DE MONÓXIDO DE CARBONO

La contaminación del aire se ha vuelto uno de las principales preocupaciones por los entes regulatorios de América Latina y el Caribe, donde la concentración de las partículas contaminantes sobrepasa los límites permitidos.

Esta contaminación se encuentra en las zonas urbanas, a su vez se ha aumentado el riesgo de mortalidad debido a la emanación de estas sustancias, las enfermedades más comunes son: respiratorias y cardiovasculares.

El gas que llega a los hogares es suministrado por Gas Natural Fenosa, este gas natural es un energético que se extrae del subsuelo que se le agrega un odorizante llamado mercaptano, que le permite ser detectado en cualquier momento. Se distribuye a través de gasoductos de acero y polietileno, materiales altamente resistentes incluso en zonas sísmicas. De esta forma se puede consumir en hogares, comercios e industrias.³²

La distribución de este gas se realiza por la infraestructura que posee Gas Natural, así mismo ellos realizan mantenimientos en la red de gasoductos con el fin de no tener problemas que afecten la prestación del servicio a los usuarios finales.

Figura 15. Topología Gas Natural Fenosa.



Fuente: www.gasnatural.com

³² [Citado el 25 de Mayo de 2014] Disponible en<
<http://www.gasnaturalfenosa.com.co/co/comercio/el+gas+natural/1297102553412/que+es.html>>

Cuando el gas llega a la casa los sistemas de detección de fuga del gas corren por cuenta del dueño de la casa. En este orden de ideas NO EXISTE un control formal por los usuarios finales que les permita detectar el mal funcionamiento de sus gasodomesticos, generando un riesgo que de no ser detectado prontamente, produciría enfermedades a corto y a mediano plazo.

El monóxido de carbono bloquea el transporte de oxígeno en la sangre, produciendo dolor de cabeza, pérdida del conocimiento por un lapso de tiempo, irritación en los ojos y en casos más graves la muerte.

Los indicadores de la Tabla 6, permiten hacer seguimiento al grado de exposición del contaminante atmosférico (monóxido de carbono) al que está sometida la población urbana. Gas Natural realiza la medición correspondiente en la casa de los usuarios y dependiendo de los resultados emite una diagnostico en el que se especifica si se debe cambiar algún elemento de la infraestructura o si la revisión es aprobada satisfactoriamente.

Tabla 6. Máxima concentración del nivel permitido por lapsos de tiempo.

CONTAMINANTE	PERIODO	UNIDAD	NORMA PARA			
			2001	2003	2006	2010
MONÓXIDO DE CARBONO (CO)	8 horas	ppm	13	12	11	10
	1 hora	ppm	45	40	35	30

Fuente: Resolución Nacional DAMA

Anexo J. Resolución Nacional DAMA

NOTA: Para el progreso de las siguientes fases es necesario el desarrollo y puesta en marcha del prototipo que tenga en cuenta los niveles que se describen en la tabla 6. En los siguientes apartados se describe como se realizara él envió del mensaje y el cierre del suministro de gas con sus pertinentes pruebas.

2.2. DETERMINAR LOS COMPONENTES NECESARIOS DEL SISTEMA PARA REALIZAR EL MONITOREO DEL MONÓXIDO DE CARBONO

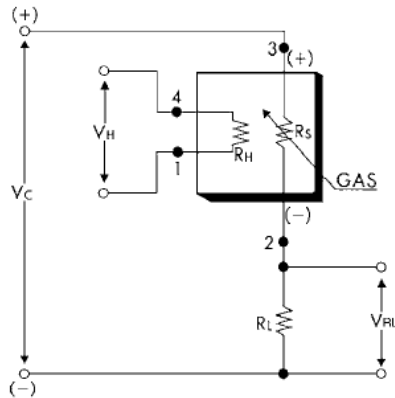
2.2.1. Sensor TGS 2611

Las condiciones de funcionamiento en las que el sensor se utilizara de acuerdo a la aplicación del proyecto, se deben parametrizar y se deben manipular correctamente ya que un fallo o mal funcionamiento alterara la medición provocando resultados no esperados.

Para este apartado se realiza la conexión que indica el fabricante (Figura 17.), se resalta que se debe esperar de **5 a 10 minutos** para que el sensor funcione correctamente.

También se debe tener en cuenta que la conexión se realice correctamente, sin que el circuito de cierre de válvula del gas, puesto que la fuente de alimentación debe ser independientemente una de la otra.

Figura 16. Conexión Sensor



Fuente. Datasheet TGS211

Los sensores tienen dos tipos de funcionamiento:

Electroquímicos: las fugas de gas penetran hasta un electrodo a través de cierta membrana porosa y mediante un proceso de oxidación – reducción se determina (en dependencia de la cantidad de corriente producida) la concentración de dicho gas.

Semiconductores: el gas entra en contacto con un sensor, provocando una reacción química que hace que dicho sensor disminuya su resistencia eléctrica. Esta variación de resistencia posibilita la detección de la fuga.

Para este caso en particular, el sensor TGS 2611 es un sensor semiconductor. Su fácil usabilidad y bajo precio fueron una de las razones por la cual se escogió.

A continuación se describe el código que realiza la lectura en tiempo real de la concentración del monóxido de carbono. Si el led está en verde este indica que la concentración se indica en los niveles permitidos, de lo contrario estará en rojo, por último imprime en la ventana de comandos del Arduino el valor de concentración actual.

// Lectura de gas metano sin nivelador

```
int s1 = 7;
int s2 = 8;
int lectura = 1;
int valor;
```

```
// led indicador de fuga
// indicador de lectura
// controlador de monitoreo del sensor
// valor del sensor en tiempo real
```

```
void setup(){
  pinMode(s1,OUTPUT);
```

```
// definición de salida1 led indicador de fuga
```

```

pinMode(s2,OUTPUT); // definición de salida2 led indicador de lectura
Serial.begin(9600); // inicia la lectura del puerto serial
}

void loop(){
  if(lectura==2){
    digitalWrite(s2,LOW); // apaga el led verde
    digitalWrite(s1,HIGH); // enciende el led rojo
  }
  while(lectura == 1){ // mientras este activada la lectura haga:
    valor = analogRead(A0); // lea el valor del sensor
    while(valor < 200){ // ciclo que evalúa si el sensor se está calentando. indica la intermitencia del led
verde
      digitalWrite(s2,HIGH); // prende el led verde
      delay(20);
      digitalWrite(s2,LOW); // apaga el led verde
      delay(20);
      valor = analogRead(A0); // lea el valor del sensor
      Serial.println(valor); // imprime la lectura
    }

    digitalWrite(s2,HIGH); // el led verde queda prendido e indica que esta monitoreando el gas y esta
    // en los niveles seguros
    valor = analogRead(A0); // lea el valor del sensor
    if(valor < 500){ // si la lectura se encuentra en el rango de seguridad haga:
      digitalWrite(s2,HIGH); // el led verde queda prendido e indica que esta monitoreando el gas y esta
en los niveles seguros
      Serial.println(valor); // imprime la lectura
    }
    else{
      digitalWrite(s2,LOW); // apaga el led verde
      digitalWrite(s1,HIGH); // enciende el led rojo
      lectura = 0; // orden para finalizar el ciclo de lectura e iniciar la llamada
    }
  }
  valor = analogRead(A0);
  Serial.println(valor); // imprime el valor después de cancelada la lectura
}

```

2.2.3. Módulo M95

Es Módulo celular robusto, pequeño y fácil de soldar. Cuatro bandas de operación, poderosos protocolos de servicios de internet. Alto desempeño para Datos, voz y SMS con bajo consumo de potencia. Características:

- GSM/ GPRS.
- Tamaño: 19.9x23.6x2.65mm.
- Empaquetado: LLC.
- Alimentación: 3.3~4.6V (4.0v nominal).
- Consumo: abajo de 1mA.

El módulo M95 para Arduino se escogió por las siguientes razones:

- **Software Libre:** Solo basta con entrar a la página oficial de Arduino y descargar el software dependiendo del sistema operativo (Microsoft Windows, Linux o MacOs), cabe indicar que la instalación de este software tiene unas consideraciones, para este caso puntual se debe tener en cuenta si se cuenta con un equipo de 32 o 64 Bits.
- **Contiene comandos AT:** El modulo al contener los comandos internamente, permite que se trabaje en los diferentes lenguajes de programación C++. Esto permite que la programación sea mucho más fácil de ejecutar y comprender.
- **Documentación en línea:** en internet existen ejemplos y videos tutoriales que permiten a los interesados tener una mejor visión de lo que es Arduino. La página oficial de Arduino es <http://www.arduino.cc/>, donde también se encuentra el software y foros asociados a temas relevantes de la página.
- **Ejemplos:** Al adquirir el módulo M95, este trae por defecto unos ejemplos en distintas categorías permitiendo al programador interactuar con estos ejemplos para conseguir lo que se desea.

Encender el M95:

Se encuentra una lectura del terminal STATUS. Si el resultado es un "LOW", indica que el M95 está apagado y para prenderlo debe operarse el terminal PWRKEY. Accione el terminal PWRKEY con un "1", y haga un ciclo de lectura continua del terminal STATUS. Cuando STATUS sea "1", puede cambiar PWRKEY a 0, con esto el M95 está activo y comienza a conectarse a la red celular automáticamente.

Abrir puerto UART:

Inicie el puerto UART del Arduino a través de la función Serial.begin(). Se puede colocar cualquier velocidad entre 4800 y 115200 bps, cuando el M95 tiene los ajustes de fábrica (entre estos su puerto serial se encuentra en modo "auto-baud", el cual auto detecta la velocidad del puerto cuando se le envía algún dato).

Normalmente, puede operar todas las funciones del M95, con una velocidad de 115200bps. Después de abrir el puerto serial, debe enviar el comando "AT" algunas veces, hasta que el M95 responda "OK". Esto puede hacerse, con solo enviar "AT" continuamente hasta que el buffer del puerto UART deje de estar vacío (con la función Serial.available()), o revisando que los datos

que recibe el Arduino coincida con "OK". Después del OK, es posible enviar comandos de configuración para el M95, ya sea para cambiar la velocidad del puerto, para cambiar el canal de audio, o para leer datos de configuración de algún registro.

Con esta configuración, es posible mandar a hacer algo al M95 en cualquier momento del programa (realizado por el usuario), por ejemplo conectar un pulsador en algún pin digital y al accionarlo, prender un led.

Este código es el que se encarga del monitoreo y envió del mensaje de texto a un celular, en su defecto se puede llamar.

```
//-----Variables Generales-----
int contador = 0;                                // llamadas perdidas que realiza

//-----Variables sensor de gas
int s1 = 7;                                       // led indicador de fuga
int s2 = 8;                                       // indicador de lectura
int lectura = 1;                                  // controlador de monitoreo del sensor
int valor;                                       // valor del sensor en tiempo real

void setup(){
  Serial.begin(9600);
  conf_inicial();
  delay(10);
  Serial.println("\r\n\t\t\t\t\t Llamada y envió de mensaje \t\t\t\t\t");
  Serial.println("\r\n\t\t\t\t\t Iniciando el monitoreo de gas metano");
  Serial.println("\r\n\t\t\t\t\t Espere unos minutos mientras se estabiliza el sensor");

//-----sensor de gas
  pinMode(s1,OUTPUT);                             // definición de salida1 led indicador de fuga
  pinMode(s2,OUTPUT);                             // definición de salida2 led indicador de lectura
}

void loop() {

  if(lectura==0){
    digitalWrite(s2,LOW);                          // apaga el led verde
    digitalWrite(s1,HIGH);                          // enciende el led rojo
    //-----llamada perdida-----

    llamar("3015027507");                            //Reemplazas las xxxxxxxx por el numero telefónico
    // mensaje("3015027507");                        //Reemplazas las xxxxxxxx por el numero telefónico
    //mensaje_personalizado("hola Prueba 2","3015027507");//Reemplazas las xxxxxxxx por el numero
telefónico
    contador++;
  }
}

  valor = analogRead(A0);                          // lea el valor del sensor
```

```

while(valor < 200){ // ciclo que evalúa si el sensor se está calentando. indica la intermitencia del
led verde
  digitalWrite(s2,HIGH); // prende el led verde
  delay(20);
  digitalWrite(s2,LOW); // apaga el led verde
  delay(20);
  valor = analogRead(A0); // lea el valor del sensor
  Serial.println(valor); // imprime la lectura
}

digitalWrite(s2,HIGH); // el led verde queda prendido e indica que está monitoreando el gas y está
en los niveles seguros
valor = analogRead(A0); // lea el valor del sensor
if(valor < 500){ // si la lectura se encuentra en el rango de seguridad haga:
  digitalWrite(s2,HIGH); // el led verde queda prendido e indica que está monitoreando el gas y está
en los niveles seguros
  Serial.println(valor); // imprime la lectura
}
else{
  digitalWrite(s2,LOW); // apaga el led verde
  digitalWrite(s1,HIGH); // enciende el led rojo
  lectura = 0; // orden para finalizar el ciclo de lectura e iniciar la llamada
}
}
valor = analogRead(A0);
Serial.println(valor); // imprime el valor después de cancelada la lectura
}

```

Por ultimo están son las funciones que utiliza el M95, vienen por defecto a la hora de la compra.

-----Funciones M95-----

Función para hacer llamadas a un número y colgar rápidamente

```

void llamar(char x[15]){
  Serial.println("Realizando una llamada"); // Imprime mensaje "Realizando una llamada".
  GSM_M95.print("ATD");GSM_M95.print(x);GSM_M95.println(';'); // Marcar Número.
  while ((GSM_M95.read())!='K'){//espera 'K' de O'K' }; // Espera que el modulo esté listo.
  Serial.println("LLamando..."); // Imprime mensaje "Llamando".
  delay(12000);
  Serial.println("Timbrando"); // Imprime mensaje "Timbrando".
  GSM_M95.println("ATH"); //Colgar la llamada en curso o entrante.
  while ((GSM_M95.read())!='K'){//esperea 'K' de O'K' // Espera que el modulo esté listo .
  Serial.println("Colgando..."); // Imprime mensaje "Colgando".
  delay(5000);
  Serial.println("Finalizada"); // Imprime mensaje "Finalizada".
}
}

```

Función para envías mensajes de texto entre paréntesis escribes el texto a enviar entre comillas

```

("texto","numerocelular")
void mensaje_personalizado(char f[150],char x[15]){
  Serial.println("Enviando un mensaje de texto"); // Imprime mensaje "Enviando Mensaje de texto".
  GSM_M95.print("AT+CMGS=");GSM_M95.print("");GSM_M95.print(xxxx);GSM_M95.println("");delay(1);
  //En las comillas se escribe el mensaje a enviar Se reemplaza las xxxxx por el número telefónico.
  delay(100);
}

```



```

while ((GSM_M95.read())!='>'){} //espera el mensaje '>' listo para escribir mensaje.
GSM_M95.print(""); //texto del SMS.
GSM_M95.write(byte(26)); // final del SMS, comando 1A (hex).
Serial.print("Enviado: ");
Lectura_GSM_M95(2,'O');
imprimir_datos_M95(DT_M95);
}
//Función para envias mensajes de texto a un número entre comillas
void mensaje(char x[15]){
Serial.println("Enviando un mensaje de texto"); // Imprime mensaje "Enviando Mensaje de texto".
GSM_M95.print("AT+CMGS=");GSM_M95.print("");GSM_M95.print(xx);GSM_M95.println("");delay(1);
//En las comillas se escribe el mensaje a enviar Se reemplaza las xxxxx por el número telefónico.
delay(100);
while ((GSM_M95.read())!='>'){} //espera el mensaje '>' listo para escribir mensaje.
GSM_M95.print("Envio SMS desde Arduino sigma"); //texto del SMS.
GSM_M95.write(byte(26)); // final del SMS, comando 1A (hex).
Serial.print("Enviado: ");
Lectura_GSM_M95(2,'O');
imprimir_datos_M95(DT_M95);
}
//Funcion que enciende el módulo M95 y verifica si esta listo
void iniciar_M95(){
pinMode(pwrkey, OUTPUT); digitalWrite(pwrkey, LOW); //salida que opera el terminal PWRKEY del M95
pinMode(stat, INPUT_PULLUP); //entrada con pullup para censar el STATUS del M95
delay(10);
if((digitalRead(stat))==LOW){ //revisar si el M95 esta apagado
digitalWrite(pwrkey, HIGH);while((digitalRead(stat))==LOW) //prender el M95, acciona pwrkey hasta que
status sea 1
{delay(200);}
digitalWrite(pwrkey, LOW);
}
delay(100);
while((GSM_M95.available())>0)//enviar AT continuamente y esperar a que el M95 rsponda OK. Hace
prender y apagar el led (pin 13), para visualizar este paso.
{GSM_M95.println("AT");
LEDON();delay(500);LEDOFF();delay(500);}
Serial.println("\r\n\t***** ");
Serial.println("\r\n\t Configuracion Inicial ");
Serial.println("\r\n\t***** ");
//delay(3000);
//ATE0 para eliminar el ECO

GSM_M95.println("ATE0");
//delay(1000);

while ((GSM_M95.read())!='K'){//esperea 'K' de O'K'
Serial.println("Eliminado el ECO");

GSM_M95.println("AT+CFUN?");//Encendido y funcionando
//delay(1000);

while ((GSM_M95.read())!='1'){//esperea '1' de +CFUN: '1'
Serial.println("Encendido y Funcional");

```

2.3.3. Comandos AT

Una de las razones por la cual se utilizó el módulo M95, es que trae embebidos los comandos AT, es decir no toca realizar un apartado de librerías en el Arduino con la programación de los Comandos AT y después que estos sean llamarlos dentro

de una función, esto permite que los autores del documento centren su esfuerzo en otras tareas del desarrollo.

En la tabla 7, se pueden observar los comandos AT que se utilizaron en el proyecto. En el código descrito en el apartado del módulo M95, se denotan los comandos y el comentario, respectivo.

Tabla 7. Comandos AT

COMANDO	DESCRIPCION
AT	Responde OK Verificado estado conexión
ATI	Responde parámetros del fabricantes
ATD	Marcar al número
ATE	Comandos AT vuelven por eco
ATH	Finaliza la llamada
AT+GMI	Solicitud de todos los parámetros del fabricante
AT+GMM	Identificación del modelo
AT+GSN	Regresa IMEI
AT+IPR	Verifica la velocidad
AT+CMGF	Configura tipo de SMS, si es 1 es texto si es cero es PDU
AR+COPS	Retorna el nombre de operador
AT+CNMI	Configura aviso de SMS
AT+CMGD	Borrar SMS
AR+CMGS	Envía Mensajes

Fuente: Autores.

2.3. ESTABLECER LAS TECNOLOGÍAS QUE SERÁN UTILIZADAS PARA LA TRANSMISIÓN DE LA INFORMACIÓN DE MANERA REMOTA

Para la realización y culminación de este proyecto es necesario la utilización de la tecnología móvil, ya que esta es una tecnología que se encuentra en aumento y masificación por parte de los usuarios.

Se trabaja telefonía móvil celular por su cobertura ya que al transcurrir de los años esta tecnología ha aumentado su servicio a nivel mundial y cada día está más asequible para cualquier persona, esta tecnología tiene una gran penetración en el servicio móvil y permite al usuario realizar diferentes tareas gracias a su gran cobertura y auge. Esto es debido a que los teléfonos celulares se han convertido en una herramienta de comunicación importante diariamente, puesto que desde un dispositivo móvil se puede acceder a internet, consultar el correo electrónico e interactuar con otras personas a través de las redes de sociales.

sd Solicitud de Servicio

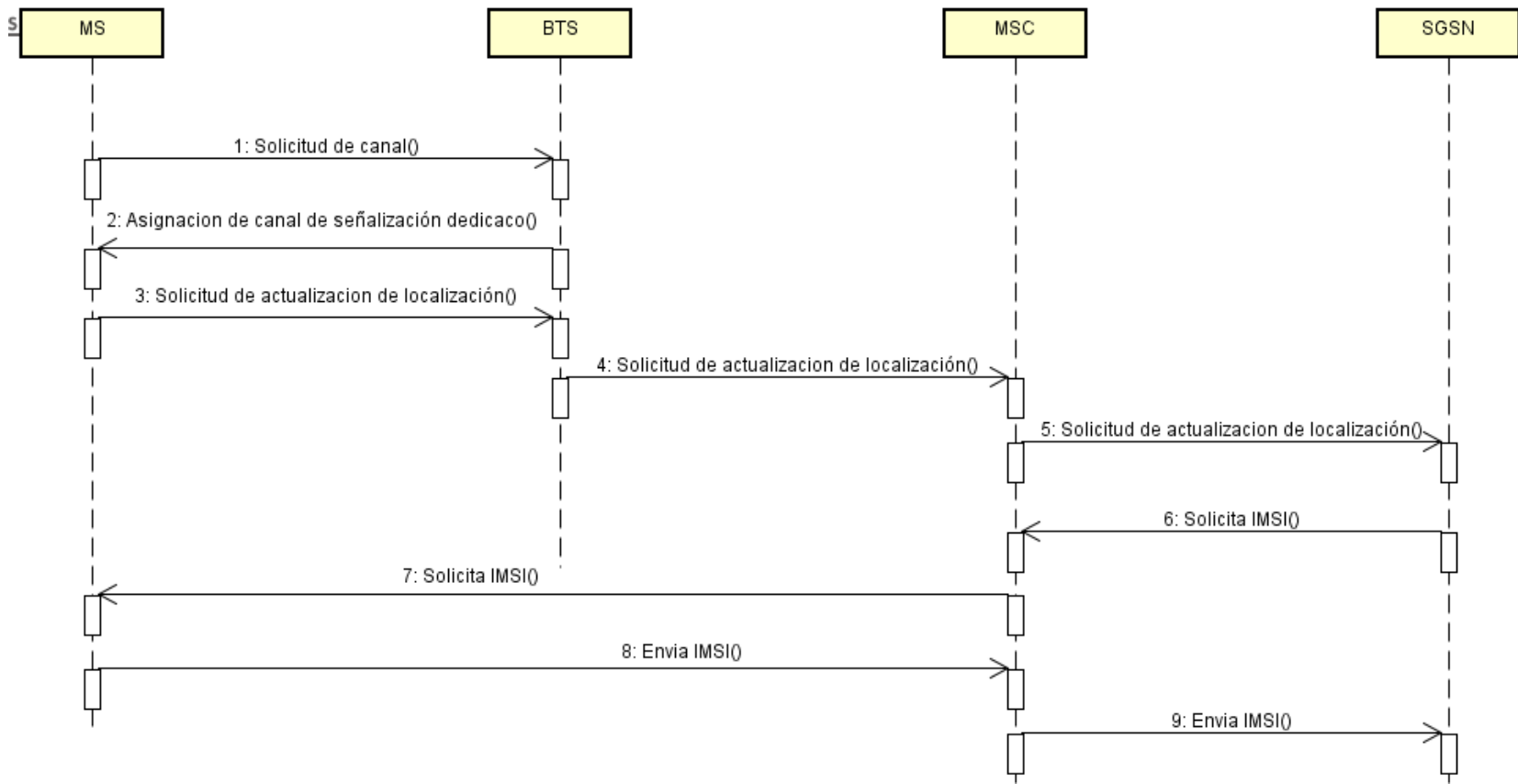
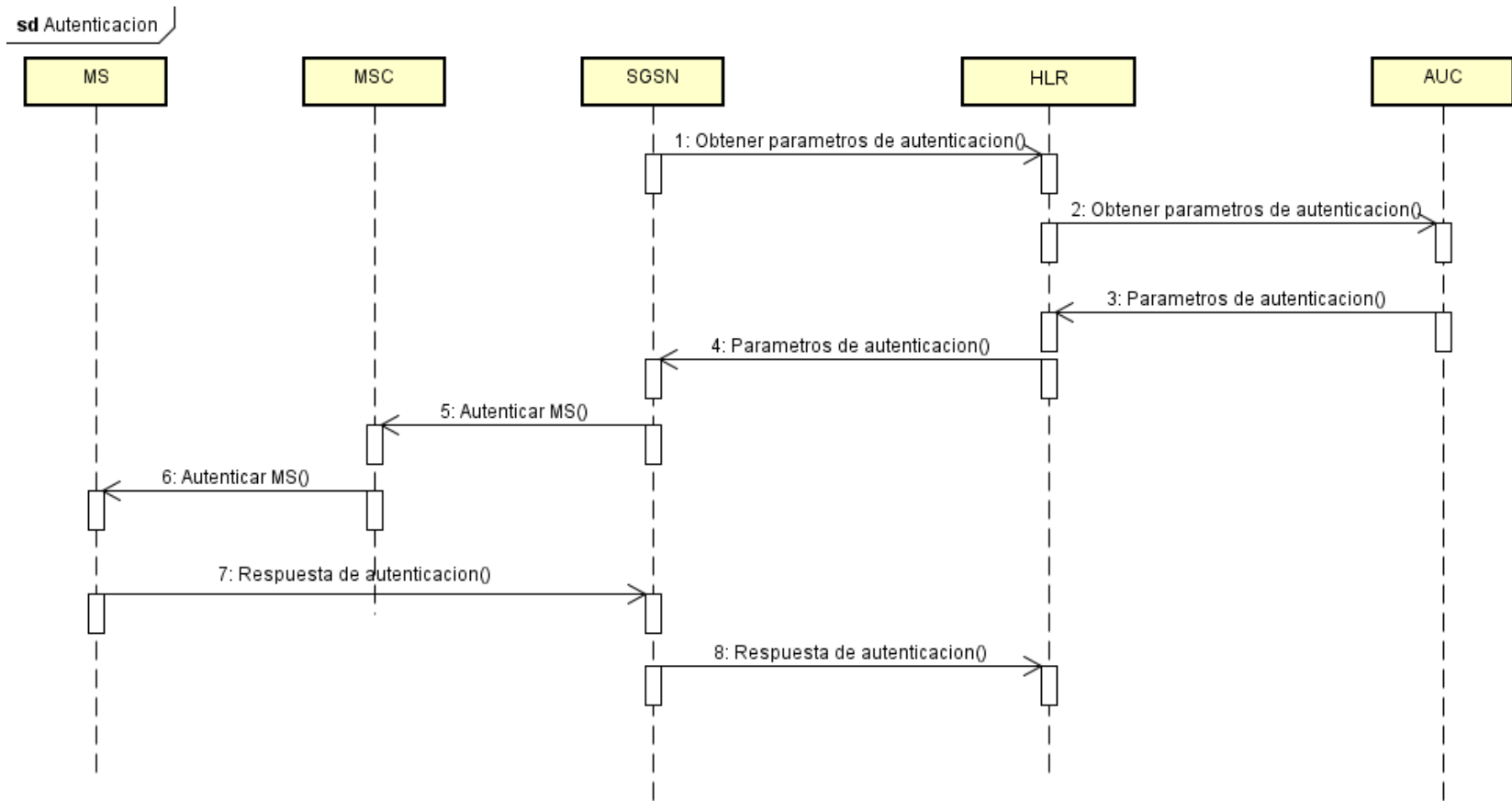


Figura 17. Solicitud de servicio.

Fuente: Autores

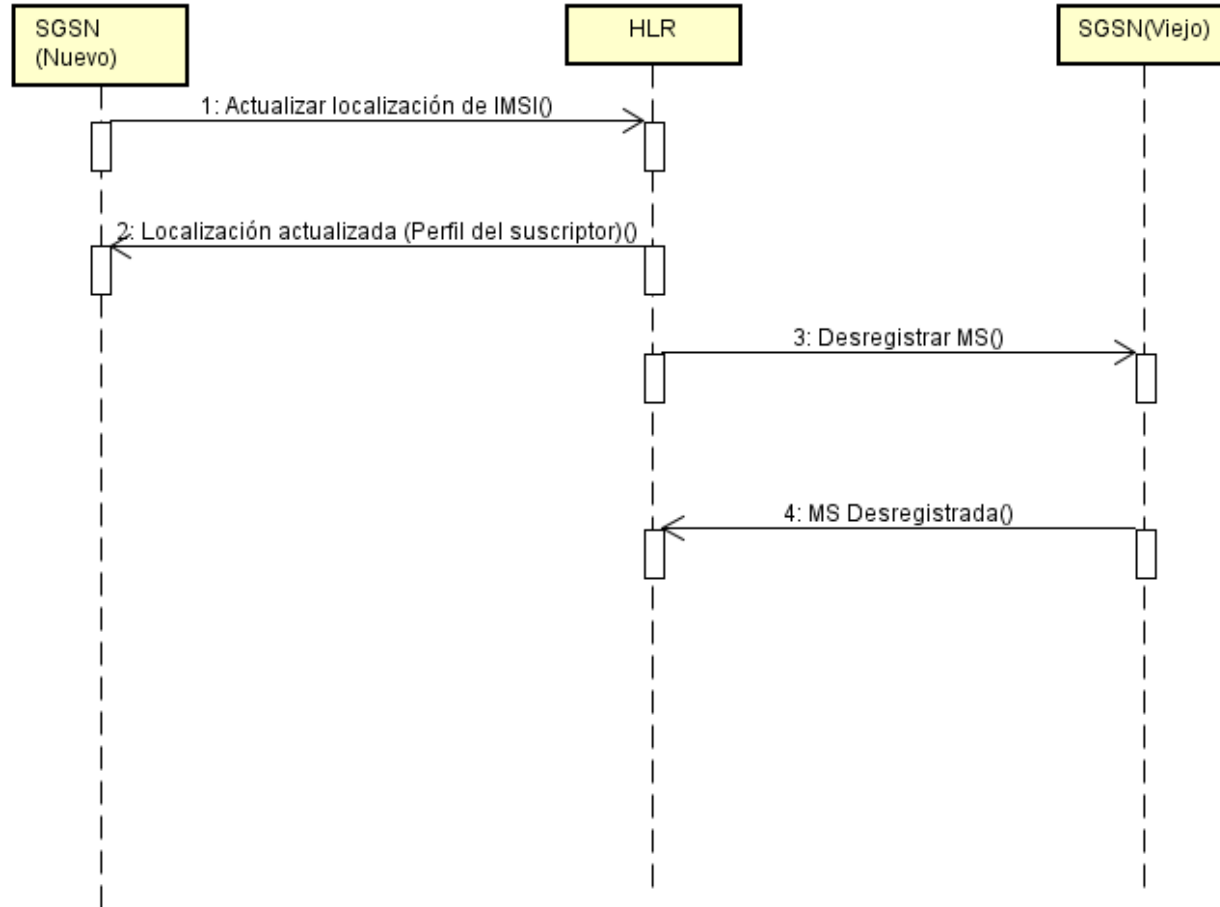
Figura 18. Autenticación.



Fuente: Autores

Figura 19. Actualización de localización.

sd Actualizacion de localizacion



Fuente:

Autores

2.4. REALIZAR PRUEBAS DEL PROTOTIPO EN UN ESPACIO CERRADO DETERMINADO

Para las pruebas pertinentes del prototipo, se tuvo en cuenta lo siguiente:

- Se realizó en un ambiente controlado con las precauciones pertinentes, se contó con un extintor en caso de emergencia.
- Se llamó a un técnico de GAS NATURAL para que verifique los niveles permitidos en el hogar.
- Se contó con la ayuda de personas de la casa con el fin de que en caso de cualquier eventualidad se marque a las entidades pertinentes (Bomberos, Gas Natural).

2.5. ANALIZAR LA PLATAFORMA DEL SERVICIO DE EMERGENCIAS 123 Y ENVIAR UNA NOTIFICACIÓN DEL NIVEL DE MONÓXIDO DE CARBONO

a) Análisis y alistamiento

Para empezar, la línea oficialmente denominada Número Único de Seguridad y Emergencias **NUSE**, es un proyecto integrado para la prestación del servicio público de recepción, atención, comunicación, despacho y gestión de la información con el fin de la prevención y atención de situaciones que alteren la seguridad y convivencia de los ciudadanos. El NUSE cuenta con la infraestructura humana y logística necesaria para coordinar los recursos necesarios dependiendo de la emergencia que el solicitante indica.

La respuesta debe ser oportuna, efectiva y coordinada para así preservar la vida e integridad de los ciudadanos. Igualmente se busca preservar los bienes e infraestructura de la ciudad.

Los objetivos del NUSE son:

1. Garantizar permanentemente a la ciudad la operación de la Plataforma Tecnológica que le permita a la ciudad contar con un servicio de recepción, atención, comunicación, despacho y gestión de la información, con miras a la prevención y atención de situaciones que alteren o amenacen alterar la seguridad y convivencia ciudadanas.
2. Garantizar a todos los ciudadanos residentes o en tránsito por Bogotá, un sistema de atención de eventos de seguridad y emergencias rápido y eficaz en situaciones de emergencia.

- 3.** Brindar las herramientas necesarias para que se integren los organismos de seguridad y socorro de la ciudad.
- 4.** Fortalecer los sistemas de comunicaciones que permitan a las Agencias de Despacho del Sistema NUSE 123 la comunicación permanente y continua entre los recursos, las Agencias de Despacho y la Coordinación del sistema.
- 5.** Implementar, desarrollar, actualizar y fortalecer los sistemas de información del 123 y las Agencias, sistemas de comunicación, sistema de video vigilancia, bases de datos y sistemas de información Georeferenciados.
- 6.** Brindar Capacitación operativa permanentemente al personal designado para la recepción y el despacho
- 7.** Brindar Capacitación técnica al personal designado por la Agencia Policía para el manejo de la plataforma tecnológica en eventuales eventos de emergencia.
- 8.** Fortalecer el sistema de monitoreo de recursos que permita la optimización de los tiempos de respuestas actuales, garantizando una atención más rápida y eficaz a la ciudadanía a través de dispositivos de posicionamiento geográficos integrados al sistema NUSE 123
- 9.** Garantizar y mantener la información del sistema desarrollando bases de datos, minería de datos e integración de la bases de datos de las Agencias de Despacho que permita al Distrito Capital definir políticas de acción en temas de seguridad y atención de emergencias Divulgación a la ciudadanía del buen uso de la línea y de los servicios que ofrece el sistema.³³

Cuenta con 62 puestos de trabajo disponibles para los operadores, pero tan solo 40 son ocupados por cada turno de seis horas.

Según el convenio entre el Distrito y la Policía, firmado en el 2006, el organismo de seguridad debe aportar el 65 por ciento de los operadores (41 por turno) y la Secretaría de Gobierno el restante 35 por ciento (21 contratistas), a través del Fondo de Vigilancia y Seguridad (FVS).

³³ [Citado el 11 de Abril de 2015] Disponible en <<http://www.fvs.gov.co/portal/index.php/servicios/nuse>>

A comienzos del 2013, tan solo tres operadores del FVS se hacían presentes por turno. Y aunque la situación ha mejorado, “solo el fin de semana” pasado 16 operadores del Distrito acudió por cada turno, cuando debían ser 21.³⁴

Envió de mensaje de texto al NUSE

Los protocolos de atención de las emergencias, son determinados por cada una de las entidades, en cuanto se refiere a la forma como disponen de sus recursos para atender cualquier solicitud enviada por la sala unificada de recepción.

Para él envío de mensajes a la plataforma 123 se debe analizar la siguiente gráfica:

Figura 20. Consolidado de Llamadas entre Julio 2007 y Noviembre 2010.

	BROMA	NO PROCEDENTE	OTROS	TRAMITADOS	DUPLICADOS	TOTAL
TOTAL LLAMADAS	11.955.629	39.486.658	4.767.172	8.341.836	96.019	64.647.314
PORCENTAJE TOTAL	18,49%	61,08%	7,37%	12,90%	0,15%	100%
Fuente: NUSE 123 - Base de datos FIMD						

Fuente: Proyecto de Acuerdo 139 de 2011.³⁵

Analizando la figura anterior se puede concluir

- La plataforma 123 cuenta solo con el servicio de recepción de llamadas, no cuenta con la plataforma o infraestructura para la recepción de mensajes de texto
- El 18.49% de las llamadas hechas son actos de bromas, el 61.08% son llamadas no precedentes, es decir llamadas que no tienen referencia alguna a una llamada de emergencia. Con esto se puede tener una clara visión que el 123, debe tener un contacto con la persona que llama para

³⁴ [Citado el 11 de Agosto de 2015] Disponible en <<http://www.eltiempo.com/archivo/documento/CMS-13144709>>

³⁵ [Citado el 6 de Agosto de 2015] Disponible en <<http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=42155>>

verificar cierta información de procedencia de la llamada y el porqué de la llamada, para evitar usar recursos que puedan estar atendiendo una emergencia de verdad.

- Por otra parte en esa norma, definen a la línea de NUSE 123 como: un sistema integrado que se encarga de recibir llamadas a los ciudadanos o entidades solicitando apoyo en cualquier tipo de emergencia. En dicha definición no se trata de que esta sistema soporte la recepción y/o envío de mensajes de texto.

Otro de los inconvenientes que se evidencian por funcionarios del NUSE es una plataforma indican que la “herramienta tecnología no se ajusta a las necesidades de Bogotá” puesto que el actual (Procad) que fue adquirido a Inglaterra, y este fue diseñado con las necesidades de País.

El diario el TIEMPO público en su página de internet que la nueva licitación del manejo de la línea 123 podría adjudicarle a la ETB (Empresa de Telecomunicaciones de Bogotá) o la ESU de Medellín (Empresa de Seguridad Urbana), sin embargo esto depende de la nueva adquisición de la plataforma.

Otro de los problemas es que la nueva plataforma no tendría una compatibilidad con la base de datos de la policía ni con la de los cuadrantes De hecho, recientemente la Contraloría Distrital denunció las falencias del actual sistema, que no posibilita una adecuada articulación entre la Policía, el Centro Regulador de Urgencias y Emergencias, los Bomberos y el Fondo de Prevención de Atención de Emergencias.

Recientemente, el secretario de Gobierno, Guillermo Alfonso Jaramillo, reconoció que en la actualidad “el NUSE no llena todos los requisitos que necesita Bogotá”, pero que “los inconvenientes no se solucionan de un día para otro”. La línea 123 recibe un promedio diario de 60.000 llamadas, pero el fin de semana el promedio puede alcanzar las 80.000 comunicaciones.

Nueva Plataforma

Con una inversión de \$100 mil millones de pesos, que incluye adecuaciones físicas y electrónicas, la línea de Emergencia 123 será reforzada con una nueva plataforma tecnológica la cual le permitirá ampliar su capacidad de recepción de información desde diversos canales. Así lo anunció el gerente del Fondo de Vigilancia y Seguridad de la Secretaría Distrital de Gobierno, Máximo José Noriega.

“Daremos un salto tecnológico, a través de un proceso de contratación transparente para darle cumplimiento al Plan de Desarrollo de la Bogotá Humana”, expresó Noriega.

Por su parte, el director del Número Único de Seguridad y Emergencias - NUSE, Hernán Silva, explicó las fases en que se desarrollará el proyecto: “En abril de 2015 y para cumplir la primera fase, el Fondo de Vigilancia y Seguridad invertirá \$15 mil millones en la adquisición del hardware y el software que hagan más competente el servicio; posteriormente y para la segunda fase, se harán las adecuaciones físicas al edificio donde van a quedar las instalaciones del NUSE”.

Luego de su instalación, esta nueva plataforma se convertirá en la más moderna de América Latina y permitirá el reporte de emergencias de forma simultánea, proveniente de diferentes canales de comunicación como las líneas de telefonía convencional, los botones de pánico, la mensajería de texto, las aplicaciones de taxi como Tappsi y Easy Taxi, los celulares sistema TDM y vía radio y cámaras de video vigilancia de la ciudad.

La tecnología que se implementará se conoce como AVL, el cual es un sistema de localización de vehículos que actualmente se encuentra instalado en las patrullas de policía, algunas ambulancias y carros de bomberos, “Lo que se busca es optimizar este subsistema para atender los requerimientos de una manera más expedita y oportuna y poder ubicar una patrulla o ambulancia disponible, en cinco segundos y situarlas donde la gente lo necesita o requiere” afirmó Silva.

Diariamente el NUSE recibe 66.296 llamadas, es decir 2.760 llamadas por hora, las cuales son decepcionadas por 250 operadores que atienden a la ciudadanía en cuatro turnos.

NUSE son los encargados de orientar a la ciudadanía respecto a cualquier emergencia y para ello están debidamente preparados y certificados en cursos de atención al ciudadano, georreferenciación, recepción de incidente, guiones de servicio y guía de identificación.

Ante el mal uso que algunas personas le dan al servicio, el director Silva invitó a la ciudadanía a que evite realizar llamadas broma a la línea 123, ya que son 3.846 llamadas las que se registran diariamente por este motivo y 219 actos injuriosos contra los operadores que atiende la línea.³⁶

Dado a que la plataforma 123 es un callcenter, esta plataforma no cuenta con la infraestructura necesaria para la recepción de mensajes de texto, es decir no posee ni la tecnología ni cuenta con los recursos físicos ni económicos para la recepción de mensajes de texto. Un ítem a tener en cuenta, es que la plataforma no cuenta con la georreferenciación donde se emiten algunas llamadas, y esto permita las contantes bromas y burlas en la línea 123.

³⁶ [Citado el 03 de Septiembre de 2015] Disponible en. <
<http://www.bogota.gov.co/article/el-nuse-se-moderniza-y-estrenar%C3%A1-plataforma-tecnol%C3%B3gica>>

Sin embargo por parte de la alcaldía de Bogotá se piensa en los próximos años la adquisición de una nueva plataforma que cuente con este tipo de servicio.

Actualidad de la línea NUSE 123.

En este apartado se denotan factoras relevantes que influyen en la modernización de la línea NUSE 123, los cuales son:

- A solo tres meses de la renuncia de Fernando Arbeláez de la gerencia del Fondo FVS, su sucesora, Fabiola Márquez Grisales, declaró la nulidad de manera unilateral sobre el contrato de Infotíc S. A. y señaló que llevará el caso ante la Fiscalía por irregularidades.³⁷
Esto hace alusión, que hay irregularidades entre la INFOTIC y la Empresa de Telecomunicaciones de Bogotá (ETB), ya que la Contraloría afirma que a se han usado herramientas no legales para evadir la contratación a nivel público.
Para el exdirector financiero Jairo Osorio, que fue despedido tras oponerse a la firma de un otrosí con la ETB por 27.500 millones de pesos para modernizar el NUSE, señaló que lo que hacen es despejarle el camino para realizar la nueva adjudicación del contrato.

Actualmente este procesos esta pausado por el cambio de administración, a raíz de la elección del nuevo alcalde de la ciudad de Bogotá.

- Con señalamientos de presuntas infiltraciones de empresas privadas, firmas especializadas en ‘chuzadas’ y funcionarios fantasma, la Alcaldía y la Contraloría Distrital destaparon un nuevo capítulo en el escándalo que sacude al Fondo de Vigilancia y Seguridad (FVS), la Empresa de Telecomunicaciones de Bogotá (ETB), y el Número Único de Seguridad y Emergencias (NUSE) 123.³⁸
Este tema está siendo investigado por la Contraloría y la Fiscalía, ya que empresas de carácter privado estaban dando un aval para que una empresa ganara la licitación de la Línea NUSE.

2.6. REMITIR UN MENSAJE DE NOTIFICACIÓN A LA EMPRESA PRESTADORA DEL SERVICIO DE GAS

Ya que la línea NUSE 123 actualmente no permite la recepción de mensajes de texto, y a su vez es el ente de encargado de las llamadas a los diferentes

³⁷ [Citado el 15 de Agosto de 2015] Disponible en. <

<http://www.eltiempo.com/bogota/linea-123-remezon-apenas-comienza-segun-gerente-de-fvs/16415895>

³⁸[Citado el 15 de Agosto de 2015] Disponible en. < <http://www.eltiempo.com/bogota/linea-123-denuncian-guerra-sucia-por-la-modernizacion/16269624>

organismos para que presten la atención oportuna. No es viable enviar un mensaje de texto a Gas Natural con la plataforma actual; sin embargo existen plataformas que pueden ser estudiadas para incorporarlas al NUSE. Las posibles plataformas que se podrían implementar son:

2.6.1. Sistema de Alerta de Emergencia (SAE)

Es una iniciativa entre el gobierno de Chile y los operadores móviles con el fin de alertar e informar a la población de catástrofes y contingencias zonales. Lo anterior, a través de un servicio de Mensajería para los terminales móviles de comunicación. Los mensajes enviados a los equipos de comunicación compatibles con SAE son generados por la ONEMI y se despliegan de manera similar a un mensaje de texto, pero no quedan archivados en tu buzón de mensajes.

Este sistema ocupa un canal dedicado para este propósito y se encuentra totalmente apartado de los canales dedicados para voz, datos y mensajería. Esto quiere decir que aunque la red esté 100% colapsada, el servicio de alertas de emergencias funcionará con completa normalidad gracias a su canal propio.

La alerta solo contiene texto, pero el equipo le asigna un tono de emergencia, y algunos modelos comienzan a leer a través del altavoz el mensaje para la gente que tiene discapacidad visual. Dichas alertas **NO SE PUEDEN DESACTIVAR** en equipos homologados por un operador.³⁹

- **Características de las terminales.**

Lamentablemente no todos los equipos son compatibles. Por ejemplo, los iPhone no pueden recibir estas alertas. Windows Phone también es compatible, pero desde Windows Phone 8 o superior. Blackberry OS y Symbian si son compatibles, así como algunos equipos básicos, generalmente los más antiguos.

Sin embargo, Android es 100% compatible, pero requiere de ciertos requisitos para que las alertas funcionen:

- **Cómo funciona el sistema de Alerta de Emergencias**

El sistema de Alerta de Emergencia (SAE) es una plataforma gestionada y controlada por la Oficina Nacional de Emergencias (ONEMI), que opera realizando el envío de un mensaje, de características similares a un SMS, a los celulares que estén en un radio de cobertura específica. Los mensajes alertarán a la población sobre posibles riesgos como “Riesgo de Tsunami” o “Incendio”. El mensaje será recibido sólo en los equipos móviles que sean compatibles con el SAE. Es

³⁹

http://personas.entel.cl/PortalPersonas/appmanager/entelpcs/personas?_nfpb=true&_pageLabel=P59800181771362510680555

importante informar que no todos los equipos lo son con esta tecnología. Se puede identificar que un celular es apto para recibir estos mensajes cuando en la caja del equipo, en la web o en la publicidad, se ve un logo que asegura la compatibilidad.

2.6.2. Cell Broadcast Alertas de emergencia

Cell Broadcast es el método para difundir alertas de protección civil en situaciones de emergencia. Puede enviarse un mensaje a millones de dispositivos, de forma instantánea, en función de la localización de los abonados con respecto a las celdas seleccionadas.

Por lo tanto, Cell Broadcast facilita las alertas de emergencia específicas del lugar sin necesidad de registrarse o hacer seguimiento de terminales móviles. Además de ser mejor para la privacidad que los SMS, esto también quiere decir que los visitantes procedentes del extranjero recibirán alertas, en su propio idioma, en caso de existir una emergencia inminente.

Además, al contrario que los servicios de texto de SMS, Cell Broadcast tiene su propio canal de difusión dedicado y sigue funcionando incluso cuando haya congestión en la red, que a menudo suele producirse en situaciones de emergencia.

- **Características**

Cell Broadcast es una tecnología que distribuye mensajes de texto y contenidos binarios a terminales telefónicos habilitados Cell Broadcast, específicos a su localización y en cuestión de segundos. Ideal para alertas de emergencia y otros servicios sensibles al tiempo, Cell Broadcast también facilita servicios que generan ingresos que dependen de la localización, como publicidad móvil y tarificación dinámica. Con Cell Broadcast es posible enviar un mensaje a:

- Millones de abonados
- Casi en tiempo real
- Con información específica del lugar
- Incluidos visitantes de otros países
- En el idioma deseado
- Sin estar afectado por congestión en la red.

2.6.3. Sistema de emergencia 911 (estados unidos)

Las llamadas al 911 son las más usadas por los residentes en todo el territorio americano, siendo este un servicio para todo el mundo que necesita asistencia médica. Este sistema hasta ahora de mantenía así.

Una reciente campaña por parte de 911 ha lanzado su nuevo sistema de atención a la víctima a través de mensajes de texto, con la intención de ofrecer una segunda opción a aquellas personas que no puedan hacer la llamada o estén en un lugar donde no tenga la posibilidad de tener un teléfono.

Esta campaña fue extendida con la comisión federal de comunicaciones a las principales operadoras telefónicas AT&T, Sprint, T-Mobile y Verizon para que vayan ajustando sus servicios en la áreas correspondientes según su alcance.⁴⁰

- **Qué es y cómo funciona**

El programa permite mandar un texto al 911 y explicar tu emergencia en ese mensaje de texto. Habrán más preguntas de las autoridades, porque ellos no podrán detectar la ubicación exacta con la tecnología celular y, además, van a necesitar más información sobre el sitio, las personas involucradas, lo que ocurrió y otros peligros que podrían estar en el lugar de los hechos.

Mandar un texto podría ser útil en situaciones en las que hablar puede poner en peligro a las personas o en donde sea imposible hacerlo. También, puede ser útil para muchos jóvenes, que tal vez se sientan más cómodos mandando un SMS que llamando por teléfono.

2.7. UTILIZAR UN ACTUADOR PARA CERRAR LA VÁLVULA

Con la búsqueda de información de los proyectos que son similares con base al proyecto *Llave de corte automático del suministro de agua y gas para prevención de fugas durante periodos de ausencia*, se utilizó un servomotor que permite la apertura y cierre de la llave de gas dependiendo de los niveles que estén actualmente en el ambiente.

Para esto también se utilizó un microcontrolador (TIP 122) que controle los movimientos del motor, y se independizó las fuentes del Arduino y del micro debido a que el consumo de potencia del módulo GPRS era bastante y no permitía el correcto cierre de la válvula.

Por último se mandó a diseñar a un diseñador industrial un acople que sirva como puente entre la llave y la válvula, esto se realizó de esta manera puesto que los

⁴⁰ <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-1572939>

proyectantes no tienen conocimiento alguno en el diseño e impresión de piñones en programas como Autocad.

El siguiente código el cual indica al actuador para la apertura o cierre de la válvula, dependiendo de la lectura del sensor.

```
// Motor de pasos de 6 hilos pk244-02a-c46
// comunes a tierra amarillo y blanco
// orden: azul - verde - rojo - negro

int PWMA = 10; //conexión del pin 1 del L293D
int enabl =255;
int cerrado; // fin de carrera llave cerrada
int abierto; // fin de carrera llave abierta
int fuga; // indicador de fuga de gas
int cuenta;
int der = 0;
int izq = 0;
void setup(){
  pinMode(5, INPUT); // entrada señal de fuga de gas
  pinMode(6, OUTPUT); // salida motor
  pinMode(7, OUTPUT); // salida motor
  pinMode(8, OUTPUT); // salida motor
  pinMode(9, OUTPUT); // salida motor
  pinMode(10, OUTPUT); // enable
  pinMode(11, INPUT); // fin de carrera llave cerrada
  pinMode(12,INPUT); // fin de carrera llave abierta
  Serial.begin(9600);
}
void motor(int conteo){
  switch(conteo){
    case 1:

      digitalWrite(6,HIGH);
      digitalWrite(7,HIGH);
      digitalWrite(8,LOW);
      digitalWrite(9,LOW);
      break;

    case 2:

      digitalWrite(6,LOW);
      digitalWrite(7,HIGH);
      digitalWrite(8,HIGH);
      digitalWrite(9,LOW);
      break;

    case 3:

      digitalWrite(6,LOW);
      digitalWrite(7,LOW);
      digitalWrite(8,HIGH);
      digitalWrite(9,HIGH);
```

```

    break;

case 4:

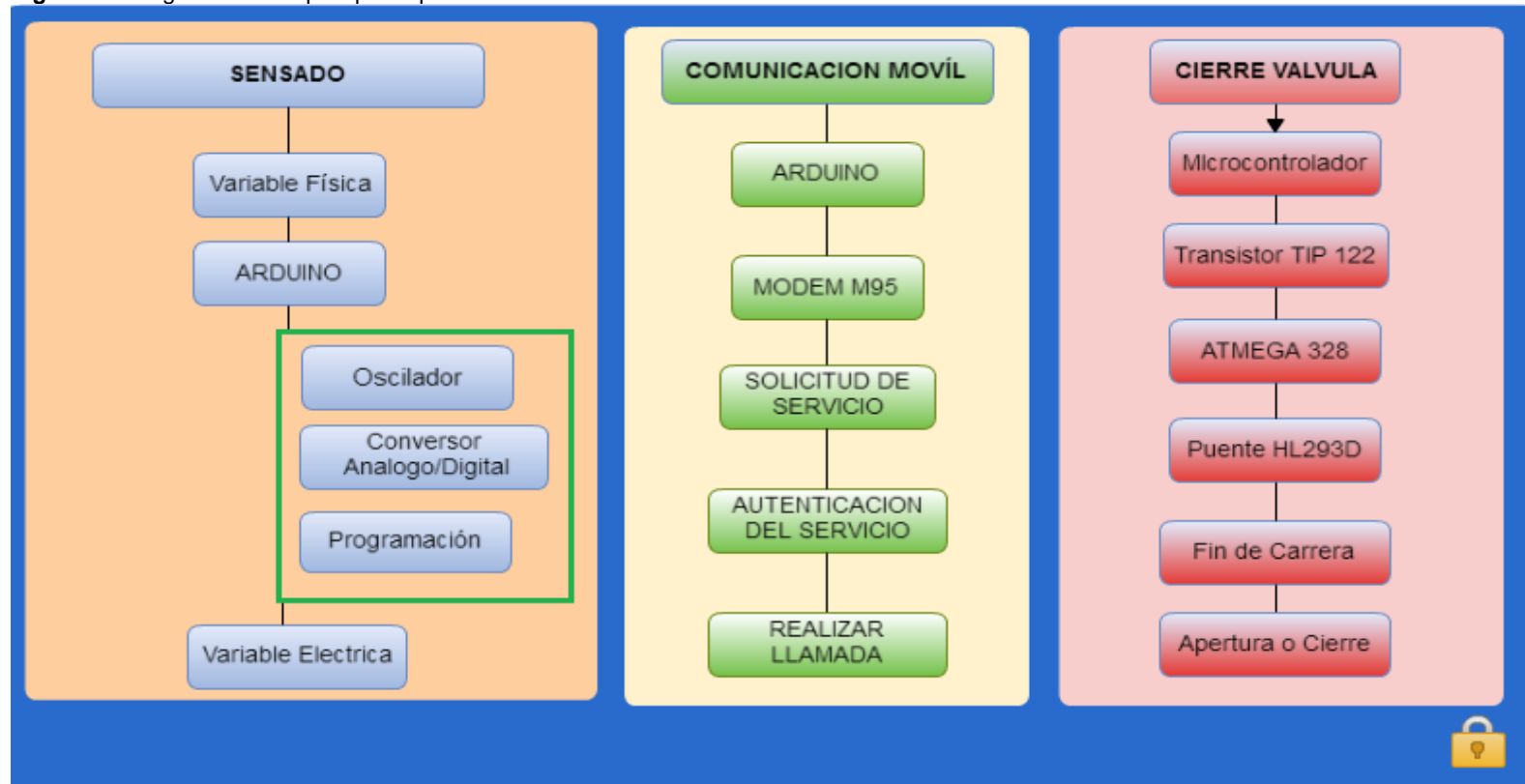
    digitalWrite(6,HIGH);
    digitalWrite(7,LOW);
    digitalWrite(8,LOW);
    digitalWrite(9,HIGH);
    break;
}
}
void loop(){
    fuga=digitalRead(5);
    abierto=digitalRead(12);
    analogWrite (PWMA, 0);
    if (fuga == 0){ // condicional cuando NO hay fuga
        while(cerrado!=1){
            cerrado=digitalRead(11);
            if(cuenta>4){
                cuenta =1;
            }
            if(cuenta<1){
                cuenta =4;
            }
            analogWrite (PWMA, enabl);
            motor(cuenta);
            cuenta++;
            delay(12);
        }
        analogWrite (PWMA, 0);
        cerrado=digitalRead(11);
    }
    else{ // condicional cuando Hay fuga
        if(abierto==1){
            analogWrite (PWMA, 0);
        }
        else{
            while(abierto!=1){
                abierto=digitalRead(12);
                if(cuenta>4){
                    cuenta =1;
                }
                if(cuenta<1){
                    cuenta =4;
                }
                analogWrite (PWMA, enabl);
                motor(cuenta);
                cuenta--;
                delay(12);
            }
            abierto=digitalRead(12);
        }
    }
}
}
}

```


2.8. DIAGRAMA DE BLOQUES, MONTAJES Y PRUEBAS

A continuación se muestran fotos con el montaje del prototipo inicial hasta el montaje final. En la figura 23 se muestra el diagrama de bloques del prototipo.

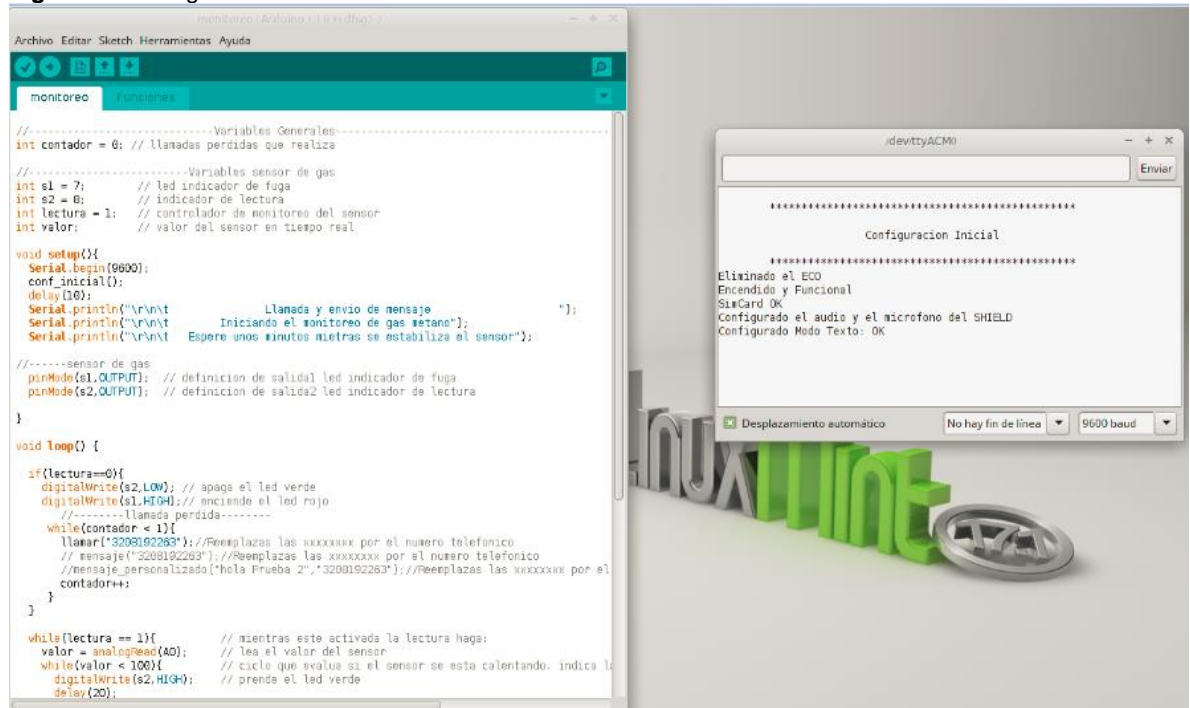
Figura 21. Diagrama de bloques prototipo de monóxido de carbono.



Fuente: Autores.

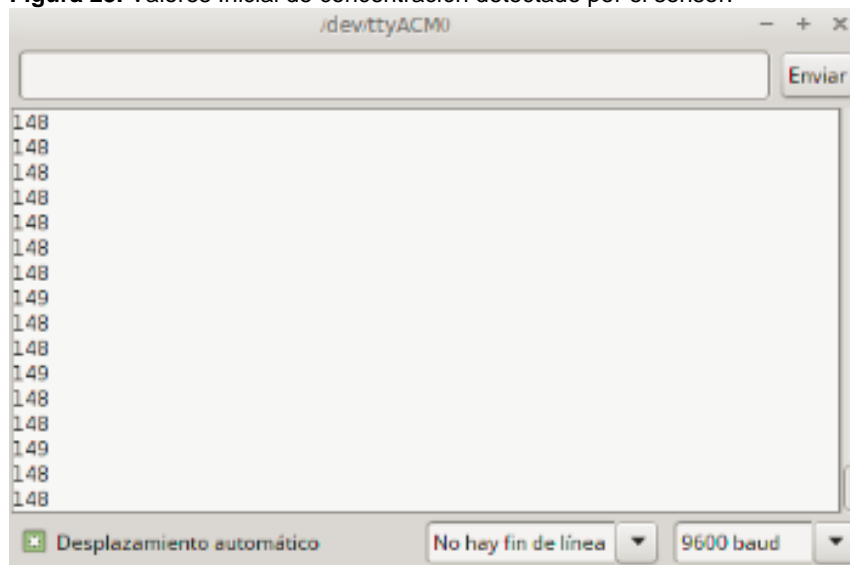
Las siguientes imágenes se pueden visualizar la captura de valores de incremento o decremento del nivel de monóxido de carbono.

Figura 22. Configuración inicial módulo Arduino.



Fuente: Autores.

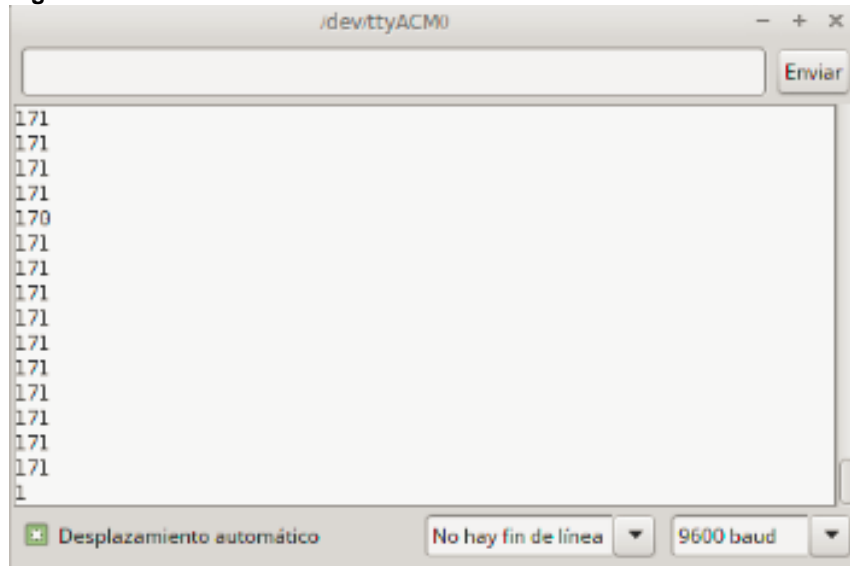
Figura 23. Valores Inicial de concentración detectado por el sensor.



Fuente: Autores.

Después de que hayan pasado cinco minutos, el sensor empieza a monitorear la concentración de nivel de monóxido de carbono en el sitio donde se dispuso a realizar la prueba.

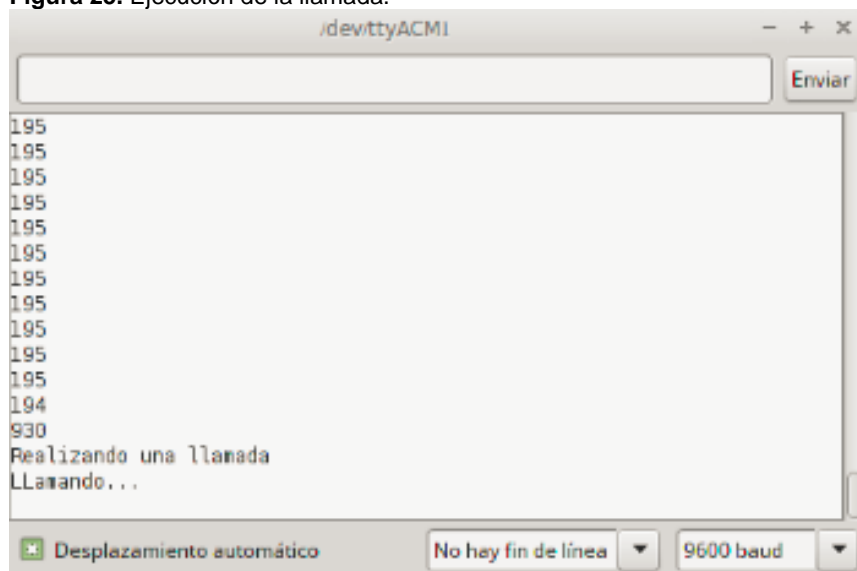
Figura 24. Incremento de los valores de concentración de monóxido.



Fuente: Autores.

Cuando se supere el máximo nivel de concentración permitido y configurado en la programación del Arduino, este efectuará la llamada al número predeterminado.

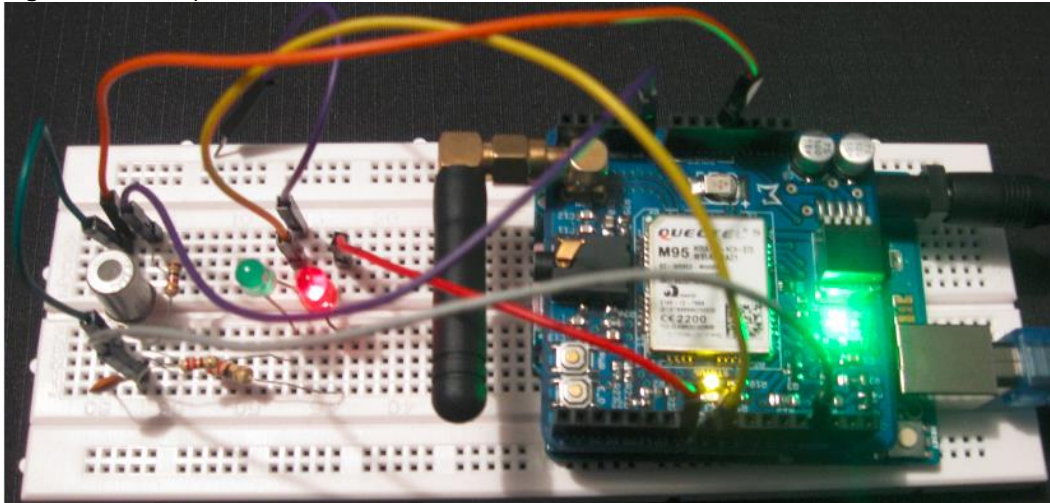
Figura 25. Ejecución de la llamada.



Fuente: Autores.

Inicialmente se trabajó el modulo del Arduino para detectar el monóxido de carbono y que este dispositivo realice la llamada o envié un mensaje de texto al celular de la persona de la casa. La figura 26, se muestra el primer montaje que se realizó, un montaje desordenado ya que se quería probar inicialmente que se efectuará la llamada.

Figura 26. Prototipo Inicial.



Fuente: Autores.

Luego de que se efectuara la llamada, se trabaja en el cierre de la llave de suministro de gas, fue necesario hacer una impresión en 3D para el molde de la llave.

Figura 27. Molde en ABS.



Fuente: Autores.

Con el molde en 3D, se adapta la llave al piñón y este al servomotor para que este tenga la suficiente fuerza de poder realizar el cierre de la válvula.

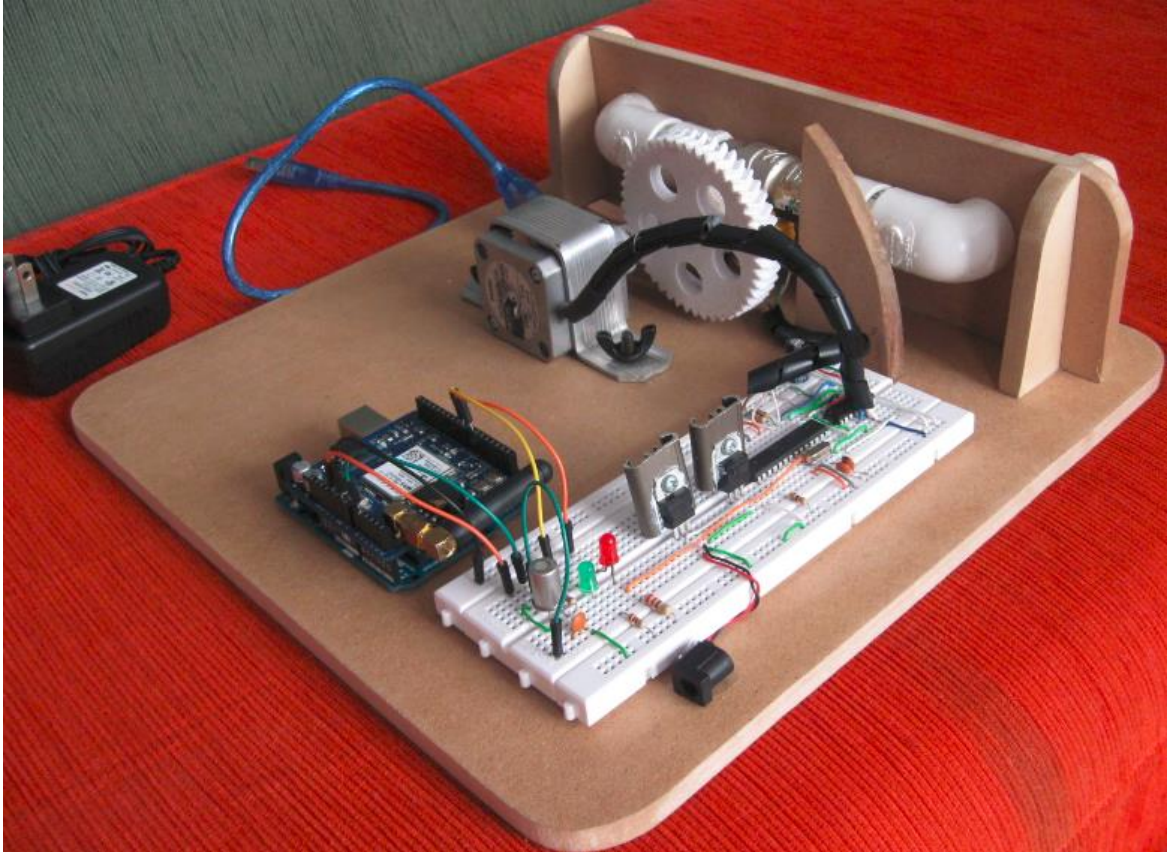
Figura 28. Unión de piñonearía con el servomotor.



Fuente: Autores.

Después de ajustar todos los elementos y dispositivos, se monta el prototipo en una tabla de madera y junto a este, la llave de gas para simular el escenario real. Con base a las imágenes anteriores podemos ver desde la génesis del prototipo hasta su fin.

Figura 29. Montaje Final.



Fuente: Autores.

Pruebas y cierre: Se realizaron varios documentos para tener evidencia, y realizar mejoras en el prototipo, los cuales son:

- **Plan de trabajo:** Documento donde se realiza la planeación de todas las actividades que se van a realizar, junto con los recursos necesarios. Vease. **Anexo K.** Plan de Trabajo.
- **Protocolos de Pruebas:** Documento donde se consignan todas las pruebas realizadas, desde un avance, error, observación o mejorar. **Anexo L.** Protocolos de prueba.
- A pesar de que no es un documento, se realizó un video para evidenciar que el prototipo funciona en un escenario real. **Anexo M.** Video Prototipo Final.
- **Otras pruebas:** En el video se evidencia: se efectuó la llamada, cierre y apertura de la válvula.

3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

Desde el principio, el fin de este Proyecto de Grado fue buscar una solución tecnológica a un problema que se presenta en la casa de uno de los autores de este documento, sin embargo también se pensó en crear un prototipo basado en estudios previos que se realizaron durante algunas asignaturas, para que contribuya al mejoramiento continuo de nuestras habilidades y fortalezca nuestras debilidades, de esta manera mejorar como profesionales.

3.1. CONCLUSIONES

- Para que el prototipo funcione correctamente, se debe esperar un tiempo prudencial de 5 a 10 minutos después de energizarse, ya que el sensor debe estabilizarse a las adecuaciones donde se llegase a instalar. Si se realiza la medición sin esperar este tiempo, las mediciones no serán fiables y no se obtendrá el resultado esperado.
- Se debe garantizar las condiciones mínimas de limpieza y orden para que el prototipo funcione de manera óptima, al igual realizar la recarga de minutos al número de la SIM-CARD.
- Se pudo obtener los valores máximos de concentración de monóxido de carbono para hogares, y con esta información se empezó a realizar el diseño del prototipo para que realice la apertura o cierre de la válvula de gas y emita un mensaje a la persona encargada.
- La línea de emergencia NUSE 123, le falta una infraestructura de mayor cobertura y adecuada a las necesidades de Bogotá, donde los usuarios puedan alertar de diferentes formas ya sea por mensajes, llamadas o con sistema de georreferenciación donde se brinde una exactitud de donde proviene la emergencia.
- Durante el proceso de la investigación se encontró patentes similares a este prototipo, se resalta la llave de corte automático de suministro de agua y gas para la prevención de fugas. Esta patente aportó al proyecto el cómo realizar el cierre de la válvula de gas con un pulso eléctrico, para que actúe la electroválvula y así evita que haya fuga de monóxido de carbono.
- Se aplicaron los conocimientos adquiridos en la carrera de Ingeniería de Telecomunicaciones, por ejemplo la electrónica para escoger y realizar el montaje de los diferentes dispositivos. Para generar la alerta por medio del mensaje de texto, se hizo por medio de Comunicaciones Móviles, domótica y redes, por último para que el cierre de la llave de gas se usó la lógica de programación con comandos AT.

- El dispositivo funciona mucho mejor con un cargador de 12 Voltios a 3 Amperios, ya que se diagnosticó que el dispositivo se reiniciaba al enviar el mensaje de texto, por lo cual no se podían hacer las pruebas necesarias, se realizó cambio de algunos componentes electrónicos sin embargo la falla continuaba. Al leer la documentación detallada de Arduino se encontró un apartado de manejo de corriente, con este se pudo evidenciar que se tenía que realizar un cambio del cargador.
- Finalmente se puede concluir que este prototipo es muy útil para los hogares brindando soluciones a problemas o riesgos que se puedan presentar en la vida cotidiana. Por eso es tan importante el adoptar las tecnologías de la información y comunicación, puntualmente por medio de sistemas móviles, ya que es el auge de estos sistemas principal factor de crecimiento a nivel mundial. Las nacientes tecnologías adoptan el uso de dispositivos móviles (celulares, tablets y portátiles), para que el usuario solo con manipular una aplicación pueda realizar cualquier tipo de actividad en su casa desde cualquier sitio, brindando así una mejor calidad de vida.

3.2. RECOMENDACIONES

- En el mercado se pueden encontrar varias llaves para el cierre y apertura del suministro de gas, el prototipo está diseñado para una específica, si se desea implementar el prototipo en el hogar se debe revisar la documentación técnica de la llave para saber el torque que tiene y la forma para ajustar el prototipo a la llave.
- Para realizar las pruebas, se requiere hacerlas en un ambiente controlado con los instrumentos de protección personal necesarios (Tapabocas, gafas industriales, Extintores y campana de extracción de olores.) con el fin de minimizar riesgos patológicos en las personas que hacen las pruebas.
- El Sistema de Alertas de Emergencias (SAE) sería una buena opción para implementar en el NUSE, debido a que puede enviar mensajes de texto y tiene un propio canal de comunicación lo que permite una fiabilidad para este tipo de emergencias.
- Esta tesis que sea el punto de partida para que otros estudiantes brinden soluciones a diferentes problemas que se presentan en los hogares, y que contribuyan a la responsabilidad social desde la Ingeniería de Telecomunicaciones.

BIBLIOGRAFÍA

- BATEMAN, Andy. Comunicaciones digitales. Marcombo S.A Sevilla 2010. p .187-202 ISBN 84-267-1337-8
- BERRAL MONTERO, Isidro. Operaciones Auxiliares de montaje de componentes informáticos. Paraninfo 2010. p.156 ISBN 978-84-9732-777-0
- ESCOLANO RUIZ, Francisco. y CAZORLA QUEVEDO, Miguel y LOZANO ORTEGA, Miguel. Inteligencia Artificial Modelos, Técnicas y Áreas de Aplicación, Thomson 2009. p.313 ISBN 84-9732-183-9
- ESPAÑA BOQUERA, María Carmen. Servicios Avanzados de Telecomunicación. Díaz de Santos S.A Madrid 2003. p .143-147 ISBN 84-7978-607-8
- FIGUEIRAS, Aníbal. Una Panorámica a las Telecomunicaciones. Pearson Educación S.A Madrid 2002. p .130-136 ISBN 84-205-3100-6
- GARCÍA RODRIGO, Javier. MORALES, Gregorio. Instalación de radiocomunicaciones Móviles. Copyright ParaInfo 2012. p .36-38 ISBN 978-84-9732-078-8
- MORA, Maricruz. Explorando la programación. Lenguaje Logo 1994. p.9 ISBN 9977-64-762-3
- SALGADO GIRONA, Jordi. Principios de Comunicaciones Móviles. Politécnica de Catalunya, Barcelona 2003. p .20-25 ISBN 84-8301 -715 - 6
- SALLENT ROIG, Oriol, PÉREZ ROMERO, Jordi. Fundamentos de diseño y gestión de sistemas de comunicaciones móviles y celulares. Politécnico 2014. p .170-185 ISBN 978-84-9880-482-9
- SERNA RUIZ, Antonio. y ROS GARCIA, Francisco y RICO NOREGA, Juan. Guía Práctica de Sensores, Creaciones Copyright 2010. p.3-5 ISBN 978-84-92779-49-9
- TOMASI, Wayne. Sistemas de Comunicaciones Móviles. Parson México 2003. p .864-868 ISBN 970-26-0316-1

- TORRENTE ARTERO, Óscar. Arduino Curso Practico de formación, Alfaomega Grupo Editor, S.A. de C.V., México. p.61-63 ISBN 978-607-707-648-3

INFOGRAFÍA

- **CEDOM.** Asociación Española de Domótica e Inmótica. Información definiciones de Domótica e Inmótica. Fecha de Consulta 14 de abril de 2014. Obtenido de:< <http://www.cedom.es/es>>
- **Draeger.** Sensores industriales para la detección de monóxido de carbono. Fecha de consulta: 20 Abril de 2014. Obtenido de: http://www.draeger.com/sites/es_csa/Pages/Oil-Gas-Industry/Catalytic-Bead-DraegerSensors.aspx

- **Google Patents.** Base de datos de patentes en línea.

Llave de corte automático del suministro de agua y gas para prevención de fugas durante periodos de ausencia.

Fecha de Consulta: 11 de Abril de 2014. Obtenido de: No. de publicación: WO2008062089 A1

Detector-extractor de gases.

Fecha de Consulta: 11 de Abril de 2014. Obtenido de: No. de publicación: WO1995011412 A1

Aparato domestico de detección y expulsión de gas.

Fecha de Consulta: 12 de Abril de 2014. Obtenido de: No. de publicación WO 1998028577 A1

Dispositivo de seguridad por detección de gases.

Fecha de Consulta: 13 de Abril de 2014. Obtenido de: No. de publicación WO 2014102412 A1

- **Catarina:** Publicación Estudiantil de la Universidad de las Américas Puebla. Fecha de Consulta: 23 de Marzo de Abril de 2015. Obtenido de: http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lem/fajardo_p_d/capitulo1.pdf
- **ARDUINO:** Plataforma de Hardware Libre. Fecha de Consulta: A lo largo de todo el proyecto. Obtenido de: www.arduino.cc
<http://www.arduino.cc/en/pmarduino.php>

- **Comandos AT.** Configuración de Modems
Fecha de Consulta: 12 de Julio de 2015 Obtenido de:
<https://sites.google.com/site/3cuelelectronica/home/comandos-at-1>.

- **Telefonía celular:** Tecnología celular.
Fecha de Consulta: 28 de Julio de 2015 Obtenido de:
http://www.banrepcultural.org/blaavirtual/ayudadetareas/comunicacion/medios_telefonicos.html>

- **Gas Natural:** Empresa prestadora del servicio de Gas Natural.
Fecha de Consulta: 25 de Mayo de 2014 Obtenido de:
<http://www.gasnaturalfenosa.com.co/co/comercio/el+gas+natural/1297102553412/que+es.html>

- **FVS:** Fondo de Vigilancia y Seguridad.
Fecha de Consulta: 11 de Abril de 2015 Obtenido de:
<http://www.fvs.gov.co/portal/index.php/servicios/nuse>

- **EL TIEMPO:** Periódico Colombiano.

Fecha de Consulta: 11 de Agosto de 2015 Obtenido de:
<http://www.eltiempo.com/archivo/documento/CMS-13144709>

Fecha de Consulta: 6 de Agosto de 2015 Obtenido de:
<http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=42155>

Fecha de Consulta: 3 de Septiembre de 2015 Obtenido de:
<http://www.bogota.gov.co/article/el-nuse-se-moderniza-y-estrenar%C3%A1-plataforma-tecnol%C3%B3gica>

Fecha de Consulta: 15 de Agosto de 2015 Obtenido de:
<http://www.eltiempo.com/bogota/linea-123-remazon- apenas-comienza-segun-gerente-de-fvs/16415895>

Fecha de Consulta: 15 de Agosto de 2015 Obtenido de:
<http://www.eltiempo.com/bogota/linea-123-denuncian-guerra-sucia-por-la-modernizacion/16269624>

Fecha de Consulta: 29 de Agosto de 2015 Obtenido de:
<http://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-1572939>

- **SAE:** Sistema de Alerta de Emergencia.

Fecha de Consulta: 1 de Septiembre de 2015 Obtenido de:
<http://www.sae.gob.cl/>

Fecha de Consulta: 1 de Septiembre de 2015 Obtenido de:
http://personas.entel.cl/PortalPersonas/appmanager/entelpcs/personas?_nfpb=true&_pageLabel=P59800181771362510680555

Fecha de Consulta: 2 de Septiembre de 2015 Obtenido de:
<https://www.wayerless.com/2014/04/asi-funciona-el-sistema-de-alertas-de-emergencias-en-chile/>

Fecha de Consulta: 5 de Septiembre de 2015 Obtenido de:
<http://www.movistar.cl/PortalMovistarWeb/sistema-de-alerta-de-emergencias>

Fecha de Consulta: 1 de Septiembre de 2015 Obtenido de:
<https://www.wayerless.com/2015/04/alertas-de-emergencia-sae-debutaron-en-ios-tras-erupcion-del-volcan-calbuco/>

Fecha de Consulta: 9 de Septiembre de 2015 Obtenido de:
<http://www.one2many.eu/es/noticias/emergencia-en-las-celdas-pequenas>

Fecha de Consulta: 10 de Septiembre de 2015 Obtenido de:
<https://smscellbroadcast.wordpress.com/tag/sistema-de-alerta-de-emergencias/>

Fecha de Consulta: 7 de Septiembre de 2015 Obtenido de:
<http://www.prnewswire.com/news-releases/one2many-permite-las-alertas-de-emergencia-en-las-celdas-pequenas-267635971.html>

Fecha de Consulta: 9 de Septiembre de 2015 Obtenido de:
<http://www.enseguridad.com/la-historia-del-numero-de-emergencias-911/>

**El ABC de la nueva reglamentación
para el diseño, construcción y certificación
de nuevas instalaciones para suministro de gas combustible
Revisión Previa**

Resolución 059/2012 y 173 /2013 de la CREG
Resolución 9-0902/2013 del Ministerio de Minas y Energía

1. ¿A partir de cuándo rige la nueva reglamentación?

Inicia el 1 de mayo de 2014.

2. ¿Qué cambia con la nueva reglamentación?

- Para las actividades de diseño y construcción de nuevas instalaciones, se debe atender los requisitos técnicos establecidos en el Reglamento Técnico de Instalaciones Internas de Gas Combustible ¹ del Ministerio de Minas y Energía.
- Para la solicitud de puesta en servicio (Revisión Previa² de la instalación) y obtención del Certificado de Conformidad, el solicitante o la constructora (para el caso de proyectos residenciales y comerciales con licencia de construcción en la modalidad de obra nueva), podrá escoger, además de Gas Natural Fenosa, cualquier organismo debidamente acreditado por el Organismo Nacional de Acreditación – ONAC - y registrado en la Superintendencia de Industria y Comercio -SIC-.

3. ¿Qué cambia con la nueva reglamentación en las actividades de diseño y construcción de la nueva instalación?

- En el caso de los proyectos en obra nueva y como parte integral del trámite de expedición de la licencia de construcción, se deberá presentar el diseño de las instalaciones, previamente aprobado por Gas Natural Fenosa. Este diseño debe ser realizado y presentado por una Persona Competente³ o por un Arquitecto, Ingeniero Civil o Mecánico, con tarjeta profesional vigente.
- Para las edificaciones existentes de uso residencial o comercial, en las que se proyecte una nueva instalación, se deberá contar previamente a su construcción,

¹ Resolución 90920, expedida el 24 de octubre de 2013 por el Ministerio de Minas y Energía

² **Revisión Previa:** Se refiere a las actividades de inspección de las instalaciones para suministro de gas combustible correspondientes a las etapas de diseño y construcción de instalaciones nuevas antes de su puesta en servicio.

³ **Persona Competente:** Aquella que ha sido entrenada, tiene experiencia y posee certificado de competencia laboral para realizar la actividad diseño de la instalación. La competencia será certificada por un Organismo de Certificación de Personas acreditado por el ONAC o por el SENA.

con un diseño que debe corresponder como mínimo al isométrico⁴ de la instalación.

- El marco normativo aplicable son las últimas versiones de las Normas Técnicas Colombianas - NTC- en cuanto a ventilaciones, sistemas de evacuación de productos de la combustión, diseño de las instalaciones y materiales aptos para su construcción.

4. ¿Con la nueva reglamentación puedo hacer la Revisión Previa con quien quiera?

Además de Gas Natural Fenosa, el solicitante del servicio o la constructora, puede seleccionar un organismo de inspección acreditado por el ONAC y registrado en la Superintendencia de Industria y Comercio.

5. ¿Cómo puedo saber quién está autorizado para hacer la Revisión Previa?

Se podrán consultar los organismos de inspección autorizados en la página web de la ONAC (www.onac.org.co), en la de la SIC (www.sic.gov.co), en los Centros de Atención de Gas Natural Fenosa o a través de www.gasnaturalfenosa.com.co

6. ¿El procedimiento para verificar las nuevas instalaciones internas cambia?

El procedimiento es el mismo para todos los organismos de inspección acreditados. Este se encuentra establecido en el Reglamento Técnico para Instalaciones Internas expedido por el Ministerio de Minas y Energía.

Si el solicitante del servicio o la constructora selecciona a Gas Natural Fenosa para realizar la Revisión Previa de la nueva instalación, la compañía instala el medidor y conecta temporalmente el servicio mientras se realiza el procedimiento de inspección de la instalación. Si la inspección es correcta, se expide el Certificado de Conformidad y la instalación es puesta en servicio. Si por el contrario, se encuentran defectos en el proceso de inspección, Gas Natural Fenosa suspende el servicio para que el solicitante o la constructora los corrija y programe nuevamente la Revisión Previa de la instalación.

Ahora bien, si el solicitante del servicio o la constructora selecciona otro organismo de inspección acreditado, Gas Natural Fenosa instala el medidor y conecta temporalmente el servicio para que el organismo de inspección pueda realizar la Revisión Previa de la instalación. Si el organismo no encuentra observaciones, éste suspende el servicio y

⁴ **Isométrico:** Representación gráfica del trazado de la instalación interna, en la cual se informan los diámetros y materiales de la tubería utilizada, así como la ubicación de los puntos de conexión de los artefactos que operan con gas natural.

envía a Gas Natural Fenosa, en un plazo no mayor a dos (2) días calendario el Certificado de Conformidad de la instalación. Una vez Gas Natural Fenosa verifica la autenticidad y la calidad de la información consignada en el certificado, procede a la puesta en servicio de la instalación mediante una nueva visita en la que el solicitante del servicio o los constructores deberán estar presentes.

7. ¿El precio de los cargos por conexión al servicio seguirá siendo igual?

Gas Natural Fenosa publicará para cada año en medios masivos y en su página web las tarifas establecidas para los cargos por conexión.

El precio para la Revisión Previa de una instalación nueva será fijado por los organismos de inspección debidamente acreditados por el ONAC y registrados en la Superintendencia de Industria y Comercio.

Por lo anterior, el cobro al constructor o al solicitante del servicio serán el cargo por conexión y el costo de la Revisión (que lo cobrará Gas Natural Fenosa si el interesado ha escogido a la distribuidora para hacerla).

8. ¿Una vez obtenida la certificación de la nueva instalación, qué debo hacer?

Debe asegurarse que el organismo de inspección seleccionado envíe el Certificado de Conformidad a Gas Natural Fenosa dentro de los 2 días calendario, para proceder a la puesta en servicio de la nueva instalación.

9. ¿Cómo me aseguro que el certificado que me entregan es válido para Gas Natural Fenosa?

Asegúrese de contratar la Revisión Previa con un organismo de inspección acreditado por el ONAC y registrado en la Superintendencia de Industria y Comercio.

10. ¿Gas Natural Fenosa puede realizar la Revisión Previa?

Si, Gas Natural Fenosa brinda un servicio con seguridad, respaldo y experiencia. Por eso puede solicitar la Revisión a través de nuestra Línea de Atención al Cliente 3078121 (Gas Natural S.A., ESP), al 6548000 (Gasorient S.A., ESP); ó infórmese en www.gasnaturalfenosa.com.co

11. ¿Ante quién se presentan reclamaciones asociadas con la Revisión Previa?

Si el proceso fue realizado con un organismo de inspección acreditado, debe hacerlo ante el mismo organismo o ante la Superintendencia de Industria y Comercio. Si el proceso lo realizó con Gas Natural Fenosa, se puede comunicar a través de todos nuestros canales de atención al cliente.



TIP120, TIP121, TIP122 TIP125, TIP126, TIP127

Complementary power Darlington transistors

Features

- Low collector-emitter saturation voltage
- Complementary NPN - PNP transistors

Applications

- General purpose linear and switching

Description

The devices are manufactured in planar technology with “base island” layout and monolithic Darlington configuration. The resulting transistors show exceptional high gain performance coupled with very low saturation voltage.

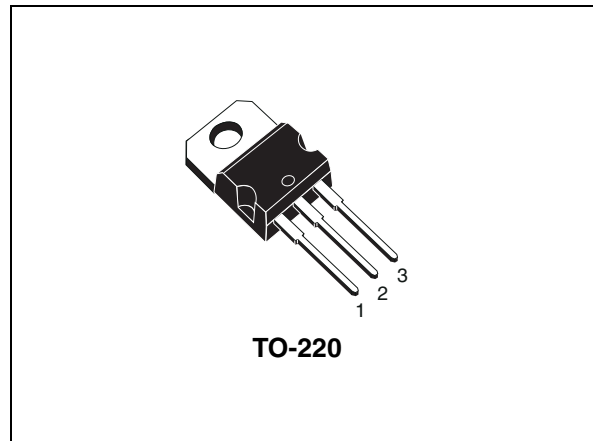


Figure 1. Internal schematic diagrams

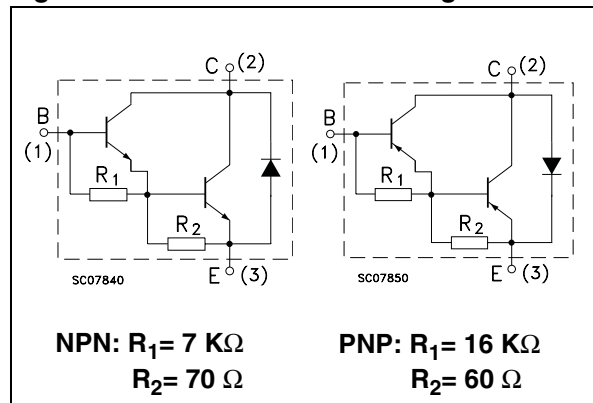


Table 1. Device summary

Order codes	Marking	Package	Packaging
TIP120	TIP120	TO-220	Tube
TIP121	TIP121		
TIP122	TIP122		
TIP125	TIP125		
TIP126	TIP126		
TIP127	TIP127		

Content

1	Electrical ratings	3
2	Electrical characteristics	4
	2.1 Electrical characteristics (curves)	5
3	Test circuits	7
4	Package mechanical data	8
5	Revision history	11

1 Electrical ratings

Table 2. Absolute maximum rating⁽¹⁾

Symbol	Parameter	Value				Unit
		NPN	TIP120	TIP121	TIP122	
		PNP	TIP125	TIP126	TIP127	
V_{CBO}	Collector-base voltage ($I_E = 0$)	60	80	100	V	
V_{CEO}	Collector-emitter voltage ($I_B = 0$)	60	80	100	V	
V_{EBO}	Emitter-base voltage ($I_C = 0$)	5			V	
I_C	Collector current	5			A	
I_{CM}	Collector peak current	8			A	
I_B	Base current	0.12			A	
P_{TOT}	Total dissipation at $T_C \leq 25\text{ °C}$ $T_{amb} \leq 25\text{ °C}$	65			W	
		2				
T_{stg}	Storage temperature	-65 to 150			°C	
T_J	Max. operating junction temperature	150				

1. For PNP types voltage and current values are negative.

Table 3. Thermal data

Symbol	Parameter	Value	Unit
$R_{thj-case}$	Thermal resistance junction-case max.	1.92	°C/W
$R_{thj-amb}$	Thermal resistance junction-ambient max.	62.5	

2 Electrical characteristics

($T_{\text{case}} = 25\text{ °C}$; unless otherwise specified)

Table 4. Electrical characteristics⁽¹⁾

Symbol	Parameter	Test conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
I_{CEO}	Collector cut-off current ($I_{\text{B}} = 0$)	for TIP120/125 $V_{\text{CE}} = 30\text{ V}$ for TIP121/126 $V_{\text{CE}} = 40\text{ V}$ for TIP122/127 $V_{\text{CE}} = 50\text{ V}$			0.5 0.5 0.5	mA mA mA
I_{CBO}	Collector cut-off current ($I_{\text{B}} = 0$)	for TIP120/125 $V_{\text{CE}} = 60\text{ V}$ for TIP121/126 $V_{\text{CE}} = 80\text{ V}$ for TIP122/127 $V_{\text{CE}} = 100\text{ V}$			0.2 0.2 0.2	mA mA mA
I_{EBO}	Emitter cut-off current ($I_{\text{C}} = 0$)	$V_{\text{EB}} = 5\text{ V}$			2	mA
$V_{\text{CEO(sus)}}^{(2)}$	Collector-emitter sustaining voltage ($I_{\text{B}} = 0$)	$I_{\text{C}} = 30\text{ mA}$ for TIP120/125 for TIP121/126 for TIP122/127	60 80 100			V V V
$V_{\text{CE(sat)}}^{(2)}$	Collector-emitter saturation voltage	$I_{\text{C}} = 3\text{ A}$ $I_{\text{B}} = 12\text{ mA}$ $I_{\text{C}} = 5\text{ A}$ $I_{\text{B}} = 20\text{ mA}$			2 4	V V
$V_{\text{BE(on)}}^{(2)}$	Base-emitter on voltage	$I_{\text{C}} = 3\text{ A}$ $V_{\text{CE}} = 3\text{ V}$			2.5	V
$h_{\text{FE}}^{(2)}$	DC current gain	$I_{\text{C}} = 0.5\text{ A}$ $V_{\text{CE}} = 3\text{ V}$ $I_{\text{C}} = 3\text{ A}$ $V_{\text{CE}} = 3\text{ V}$	1000 1000			

1. For PNP types voltage and current values are negative.

2. Pulsed duration = 300 μs , duty cycle $\leq 2\%$

2.1 Electrical characteristics (curves)

Figure 2. Safe operating area

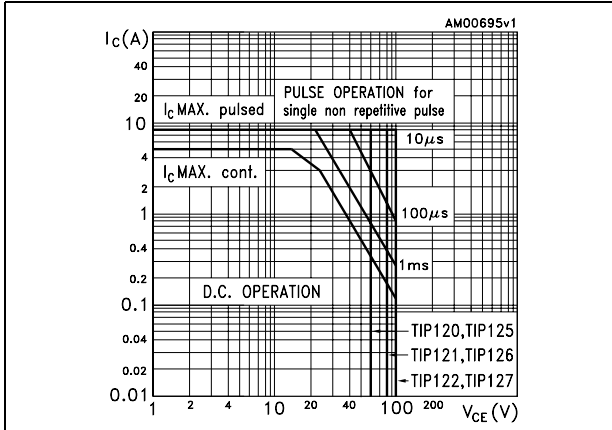


Figure 3. Derating curve

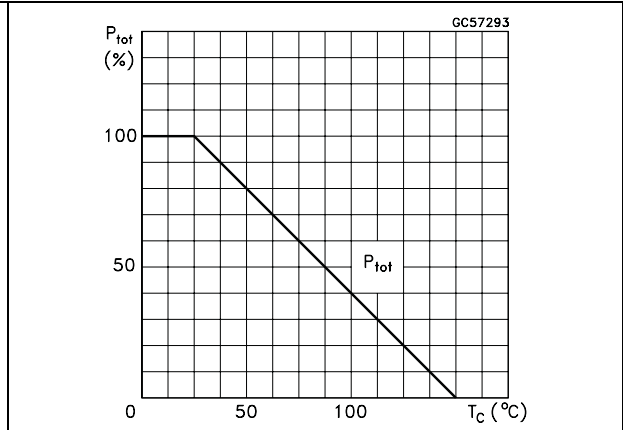


Figure 4. DC current gain for NPN type

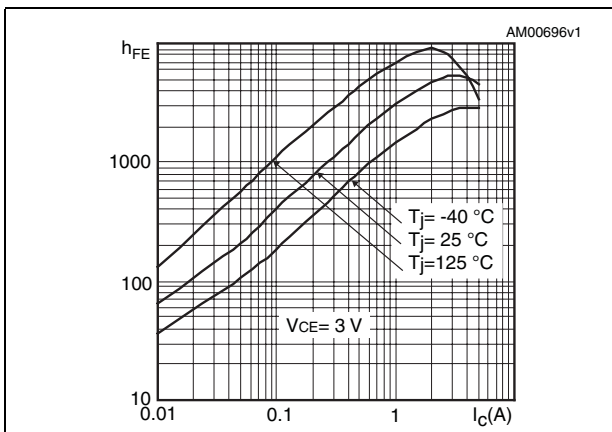


Figure 5. DC current gain for PNP type

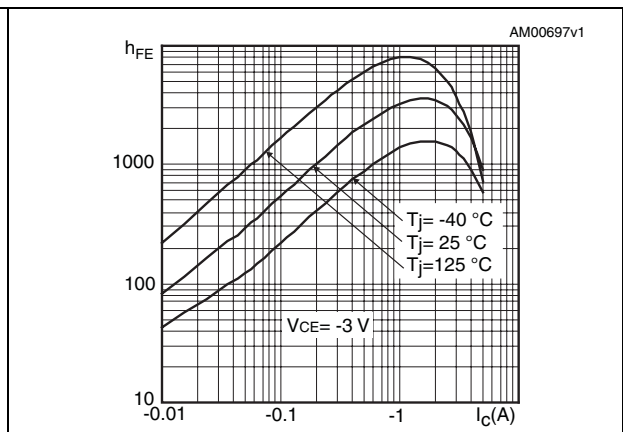


Figure 6. Collector-emitter saturation voltage for NPN type

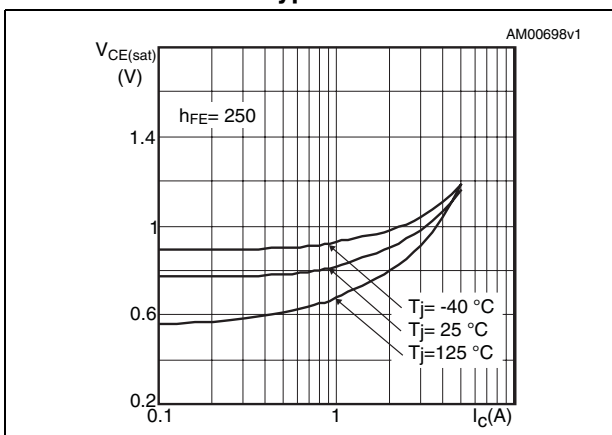


Figure 7. Collector-emitter saturation voltage for PNP type

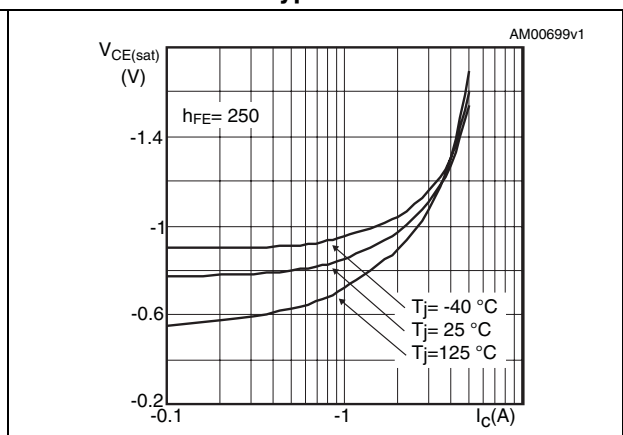


Figure 8. Base-emitter saturation voltage for NPN type

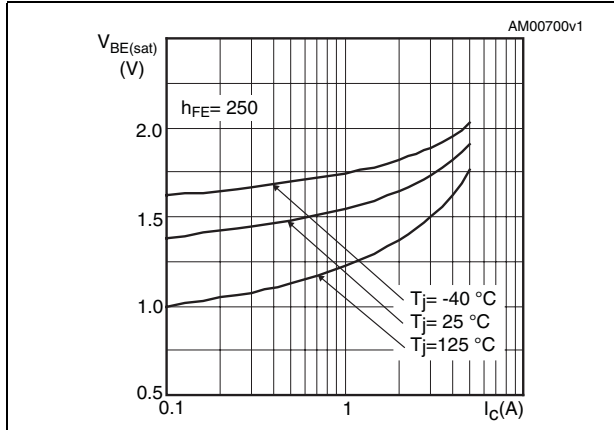


Figure 9. Base-emitter saturation voltage for PNP type

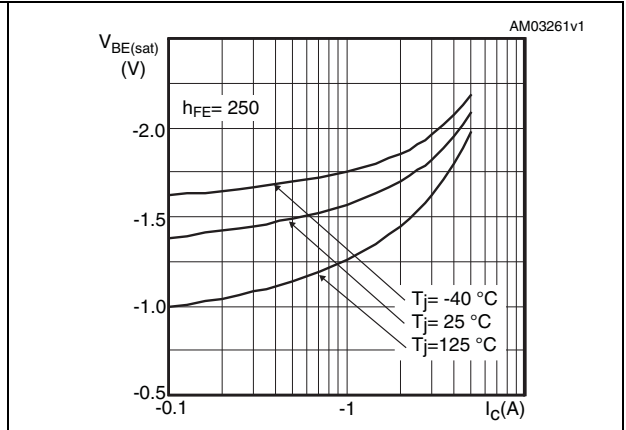


Figure 10. Base-emitter on voltage for NPN type

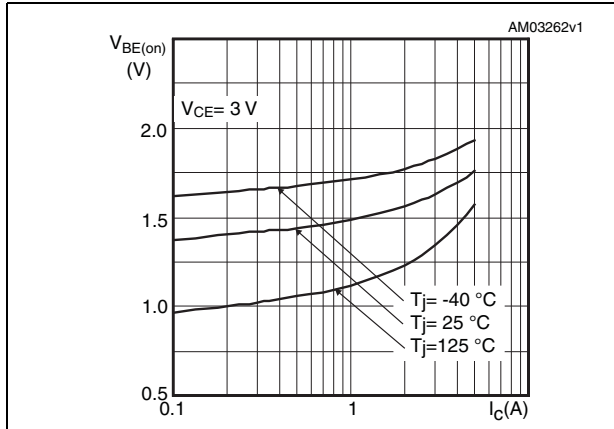


Figure 11. Base-emitter on voltage for PNP type

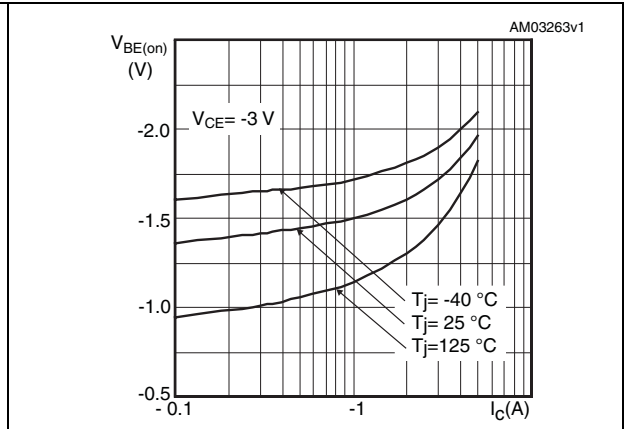


Figure 12. Switching time on resistive load for NPN type (on)

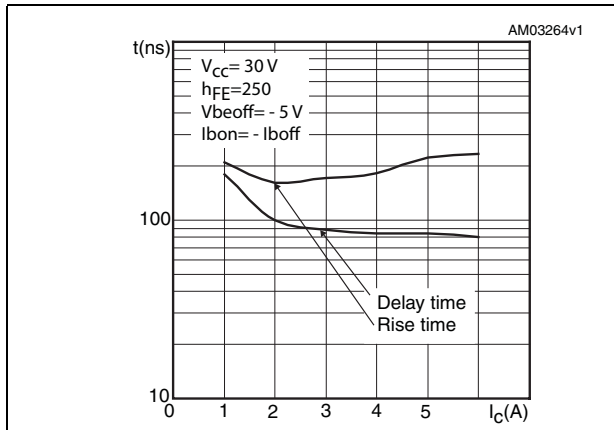


Figure 13. Switching time on resistive load for PNP type (on)

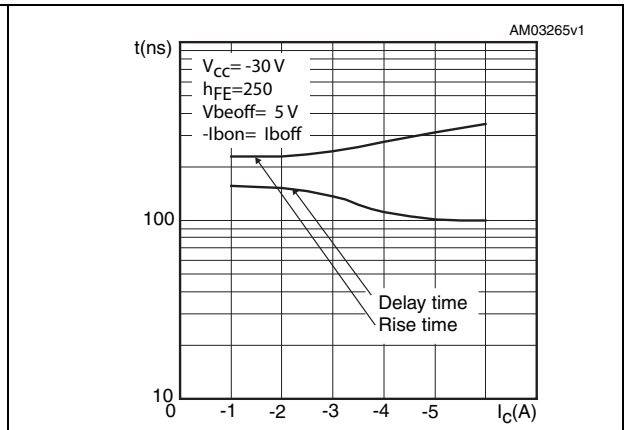


Figure 14. Switching time on resistive load for NPN type (off)

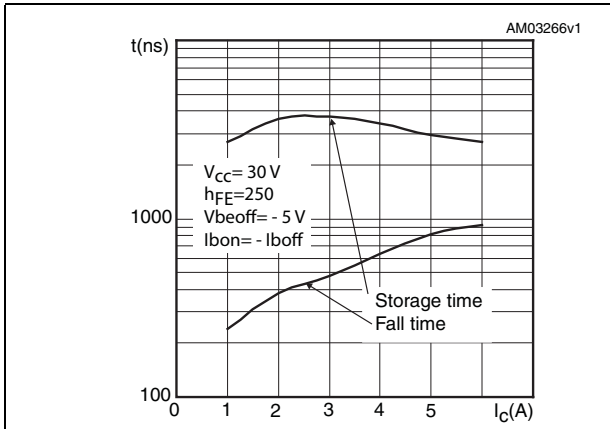


Figure 15. Switching time on resistive load for PNP type (off)

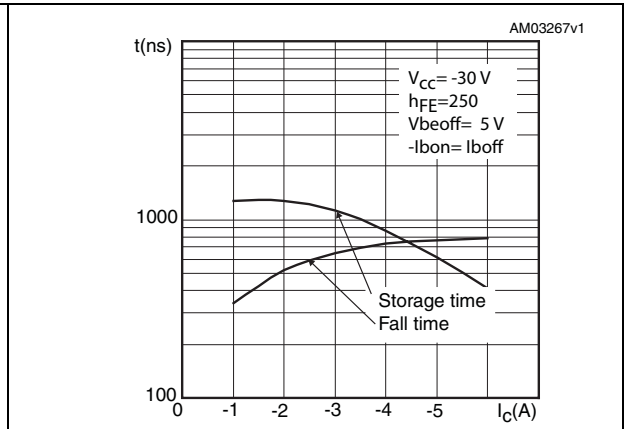


Figure 16. Capacitances for NPN type

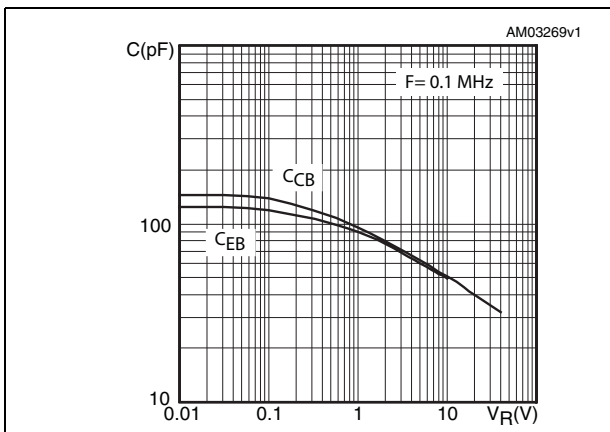
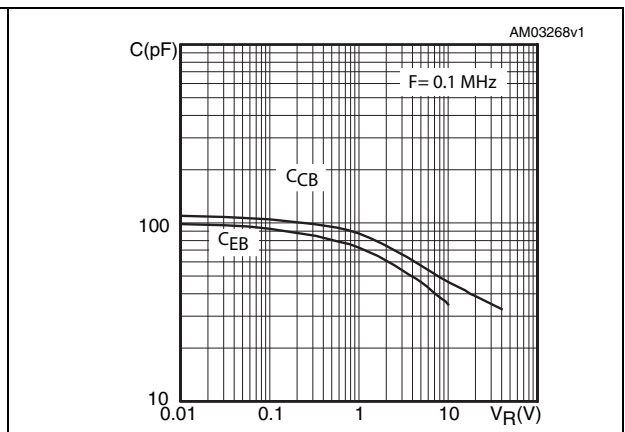


Figure 17. Capacitances for PNP type



3 Test circuits

Figure 18. Resistive load switching for NPN type

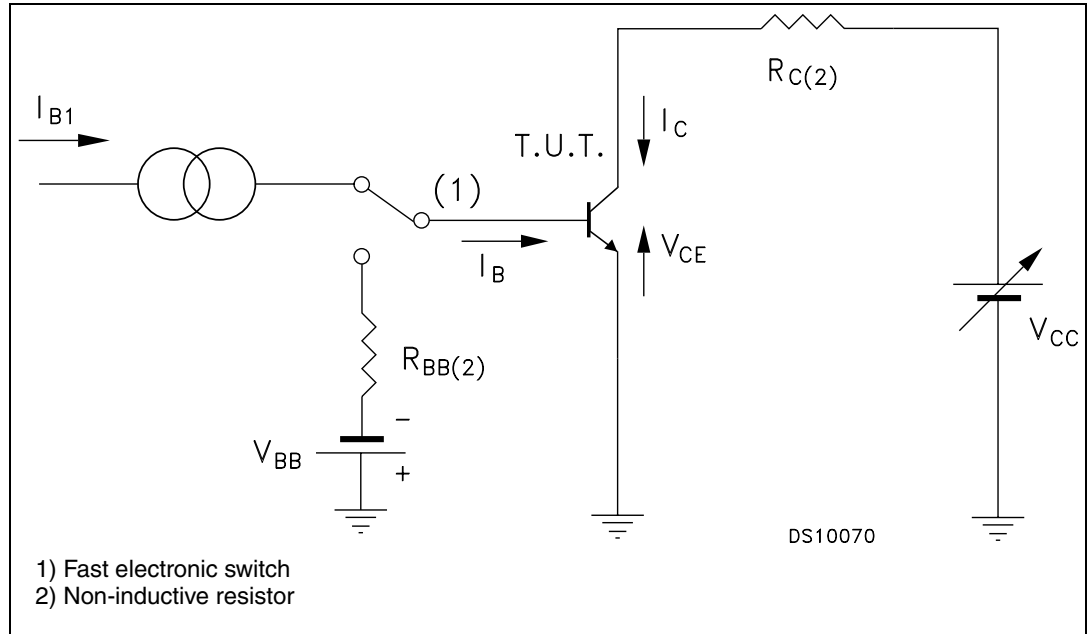
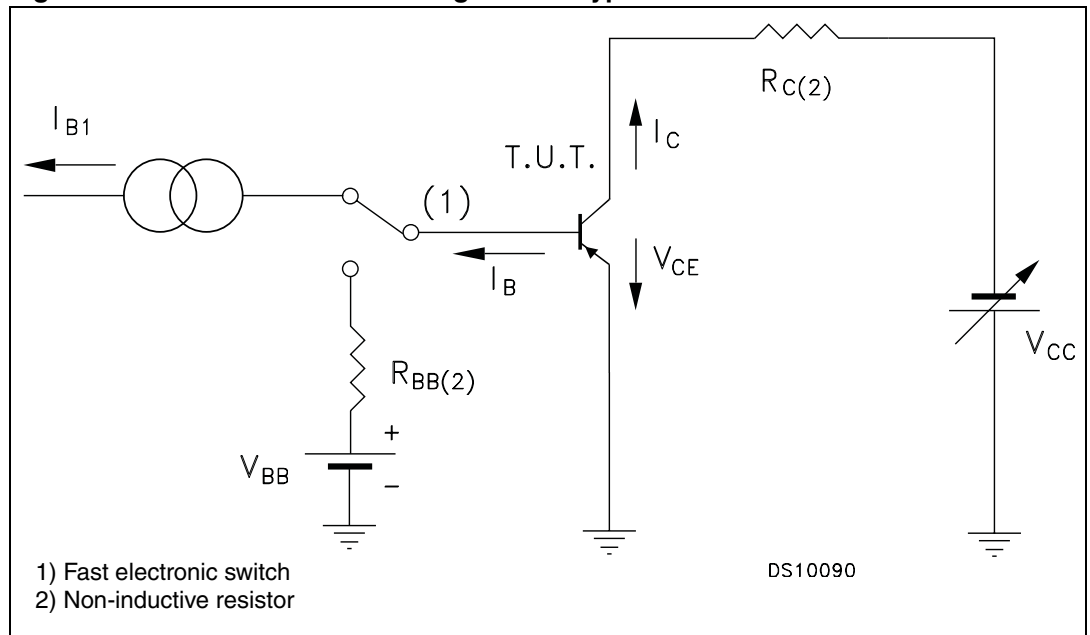


Figure 19. Resistive load switching for PNP type



4 Package mechanical data

In order to meet environmental requirements, ST offers these devices in ECOPACK® packages. These packages have a lead-free second level interconnect . The category of second level interconnect is marked on the package and on the inner box label, in compliance with JEDEC Standard JESD97. The maximum ratings related to soldering conditions are also marked on the inner box label. ECOPACK is an ST trademark. ECOPACK specifications are available at: www.st.com

TO-220 mechanical data

Dim	mm			inch		
	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max
A	4.40		4.60	0.173		0.181
b	0.61		0.88	0.024		0.034
b1	1.14		1.70	0.044		0.066
c	0.48		0.70	0.019		0.027
D	15.25		15.75	0.6		0.62
D1		1.27			0.050	
E	10		10.40	0.393		0.409
e	2.40		2.70	0.094		0.106
e1	4.95		5.15	0.194		0.202
F	1.23		1.32	0.048		0.051
H1	6.20		6.60	0.244		0.256
J1	2.40		2.72	0.094		0.107
L	13		14	0.511		0.551
L1	3.50		3.93	0.137		0.154
L20		16.40			0.645	
L30		28.90			1.137	
∅P	3.75		3.85	0.147		0.151
Q	2.65		2.95	0.104		0.116



TO-220 type E mechanical data

DIM.	mm.		
	MIN.	TYP	MAX.
A	4.47		4.67
b	0.70		0.91
b1	1.17		1.37
c	0.31		0.53
D	14.60		15.70
E	9.96		10.36
e		2.54	
e1	4.98	5.08	5.18
F	1.17		1.37
H1	6.10		6.80
J1	2.52		2.82
L	12.70		13.80
L1	3.20		3.96
L20	15.21		16.77
øP	3.73		3.94
Q	2.59		2.89



5 Revision history

Table 5. Document revision history

Date	Revision	Changes
21-Jun-2004	3	
25-Nov-2008	4	Inserted new Section 2.1: Electrical characteristics (curves)

Please Read Carefully:

Information in this document is provided solely in connection with ST products. STMicroelectronics NV and its subsidiaries ("ST") reserve the right to make changes, corrections, modifications or improvements, to this document, and the products and services described herein at any time, without notice.

All ST products are sold pursuant to ST's terms and conditions of sale.

Purchasers are solely responsible for the choice, selection and use of the ST products and services described herein, and ST assumes no liability whatsoever relating to the choice, selection or use of the ST products and services described herein.

No license, express or implied, by estoppel or otherwise, to any intellectual property rights is granted under this document. If any part of this document refers to any third party products or services it shall not be deemed a license grant by ST for the use of such third party products or services, or any intellectual property contained therein or considered as a warranty covering the use in any manner whatsoever of such third party products or services or any intellectual property contained therein.

UNLESS OTHERWISE SET FORTH IN ST'S TERMS AND CONDITIONS OF SALE ST DISCLAIMS ANY EXPRESS OR IMPLIED WARRANTY WITH RESPECT TO THE USE AND/OR SALE OF ST PRODUCTS INCLUDING WITHOUT LIMITATION IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY, FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE (AND THEIR EQUIVALENTS UNDER THE LAWS OF ANY JURISDICTION), OR INFRINGEMENT OF ANY PATENT, COPYRIGHT OR OTHER INTELLECTUAL PROPERTY RIGHT.

UNLESS EXPRESSLY APPROVED IN WRITING BY AN AUTHORIZED ST REPRESENTATIVE, ST PRODUCTS ARE NOT RECOMMENDED, AUTHORIZED OR WARRANTED FOR USE IN MILITARY, AIR CRAFT, SPACE, LIFE SAVING, OR LIFE SUSTAINING APPLICATIONS, NOR IN PRODUCTS OR SYSTEMS WHERE FAILURE OR MALFUNCTION MAY RESULT IN PERSONAL INJURY, DEATH, OR SEVERE PROPERTY OR ENVIRONMENTAL DAMAGE. ST PRODUCTS WHICH ARE NOT SPECIFIED AS "AUTOMOTIVE GRADE" MAY ONLY BE USED IN AUTOMOTIVE APPLICATIONS AT USER'S OWN RISK.

Resale of ST products with provisions different from the statements and/or technical features set forth in this document shall immediately void any warranty granted by ST for the ST product or service described herein and shall not create or extend in any manner whatsoever, any liability of ST.

ST and the ST logo are trademarks or registered trademarks of ST in various countries.

Information in this document supersedes and replaces all information previously supplied.

The ST logo is a registered trademark of STMicroelectronics. All other names are the property of their respective owners.

© 2008 STMicroelectronics - All rights reserved

STMicroelectronics group of companies

Australia - Belgium - Brazil - Canada - China - Czech Republic - Finland - France - Germany - Hong Kong - India - Israel - Italy - Japan - Malaysia - Malta - Morocco - Singapore - Spain - Sweden - Switzerland - United Kingdom - United States of America

www.st.com

L293, L293D QUADRUPLE HALF-H DRIVERS

SLRS008C – SEPTEMBER 1986 – REVISED NOVEMBER 2004

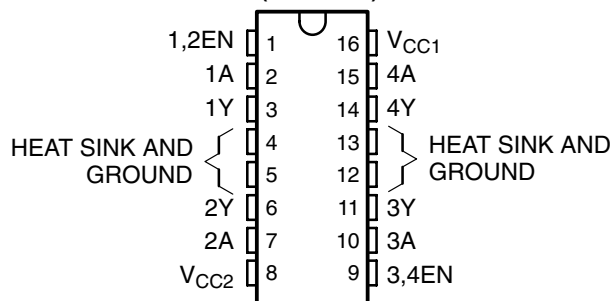
- **Featuring Unitrode L293 and L293D Products Now From Texas Instruments**
- **Wide Supply-Voltage Range: 4.5 V to 36 V**
- **Separate Input-Logic Supply**
- **Internal ESD Protection**
- **Thermal Shutdown**
- **High-Noise-Immunity Inputs**
- **Functionally Similar to SGS L293 and SGS L293D**
- **Output Current 1 A Per Channel (600 mA for L293D)**
- **Peak Output Current 2 A Per Channel (1.2 A for L293D)**
- **Output Clamp Diodes for Inductive Transient Suppression (L293D)**

description/ordering information

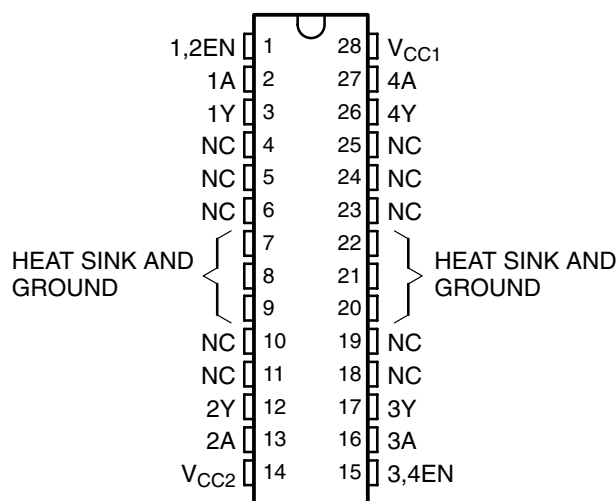
The L293 and L293D are quadruple high-current half-H drivers. The L293 is designed to provide bidirectional drive currents of up to 1 A at voltages from 4.5 V to 36 V. The L293D is designed to provide bidirectional drive currents of up to 600-mA at voltages from 4.5 V to 36 V. Both devices are designed to drive inductive loads such as relays, solenoids, dc and bipolar stepping motors, as well as other high-current/high-voltage loads in positive-supply applications.

All inputs are TTL compatible. Each output is a complete totem-pole drive circuit, with a Darlington transistor sink and a pseudo-Darlington source. Drivers are enabled in pairs, with drivers 1 and 2 enabled by 1,2EN and drivers 3 and 4 enabled by 3,4EN. When an enable input is high, the associated drivers are enabled, and their outputs are active and in phase with their inputs. When the enable input is low, those drivers are disabled, and their outputs are off and in the high-impedance state. With the proper data inputs, each pair of drivers forms a full-H (or bridge) reversible drive suitable for solenoid or motor applications.

L293 . . . N OR NE PACKAGE
L293D . . . NE PACKAGE
(TOP VIEW)



L293 . . . DWP PACKAGE
(TOP VIEW)



ORDERING INFORMATION

T _A	PACKAGE†		ORDERABLE PART NUMBER	TOP-SIDE MARKING
0°C to 70°C	HSOP (DWP)	Tube of 20	L293DWP	L293DWP
	PDIP (N)	Tube of 25	L293N	L293N
	PDIP (NE)	Tube of 25	L293NE	L293NE
		Tube of 25	L293DNE	L293DNE

† Package drawings, standard packing quantities, thermal data, symbolization, and PCB design guidelines are available at www.ti.com/sc/package.



Please be aware that an important notice concerning availability, standard warranty, and use in critical applications of Texas Instruments semiconductor products and disclaimers thereto appears at the end of this data sheet.

PRODUCTION DATA information is current as of publication date. Products conform to specifications per the terms of Texas Instruments standard warranty. Production processing does not necessarily include testing of all parameters.

**TEXAS
INSTRUMENTS**

POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

Copyright © 2004, Texas Instruments Incorporated

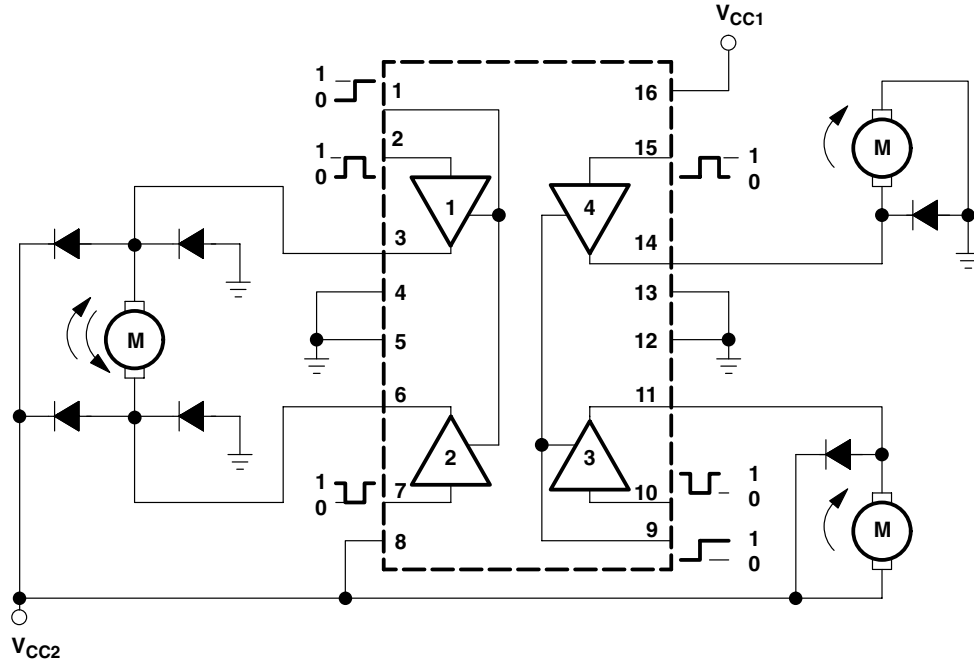
L293, L293D QUADRUPLE HALF-H DRIVERS

SLRS008C – SEPTEMBER 1986 – REVISED NOVEMBER 2004

description/ordering information (continued)

On the L293, external high-speed output clamp diodes should be used for inductive transient suppression. A V_{CC1} terminal, separate from V_{CC2} , is provided for the logic inputs to minimize device power dissipation. The L293 and L293D are characterized for operation from 0°C to 70°C.

block diagram



NOTE: Output diodes are internal in L293D.

FUNCTION TABLE
(each driver)

INPUTS†		OUTPUT
A	EN	Y
H	H	H
L	H	L
X	L	Z

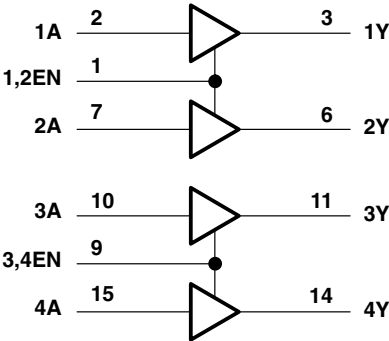
H = high level, L = low level, X = irrelevant, Z = high impedance (off)

† In the thermal shutdown mode, the output is in the high-impedance state, regardless of the input levels.

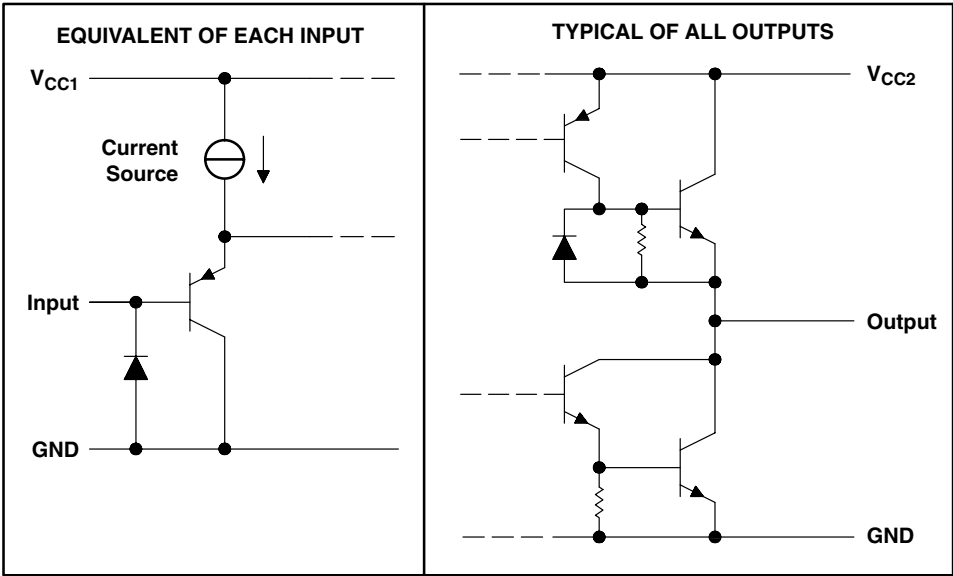
L293, L293D QUADRUPLE HALF-H DRIVERS

SLRS008C – SEPTEMBER 1986 – REVISED NOVEMBER 2004

logic diagram



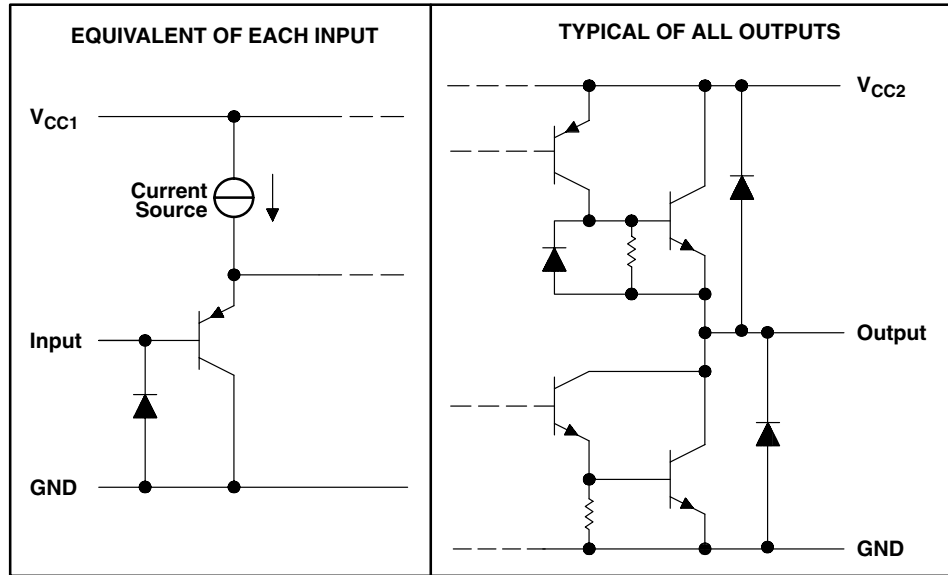
schematics of inputs and outputs (L293)



L293, L293D QUADRUPLE HALF-H DRIVERS

SLRS008C – SEPTEMBER 1986 – REVISED NOVEMBER 2004

schematics of inputs and outputs (L293D)



absolute maximum ratings over operating free-air temperature range (unless otherwise noted)[†]

Supply voltage, V_{CC1} (see Note 1)	36 V
Output supply voltage, V_{CC2}	36 V
Input voltage, V_I	7 V
Output voltage range, V_O	-3 V to $V_{CC2} + 3$ V
Peak output current, I_O (nonrepetitive, $t \leq 5$ ms): L293	± 2 A
Peak output current, I_O (nonrepetitive, $t \leq 100 \mu\text{s}$): L293D	± 1.2 A
Continuous output current, I_O : L293	± 1 A
Continuous output current, I_O : L293D	± 600 mA
Package thermal impedance, θ_{JA} (see Notes 2 and 3): DWP package	TBD $^{\circ}\text{C}/\text{W}$
N package	67 $^{\circ}\text{C}/\text{W}$
NE package	TBD $^{\circ}\text{C}/\text{W}$
Maximum junction temperature, T_J	150 $^{\circ}\text{C}$
Storage temperature range, T_{stg}	-65 $^{\circ}\text{C}$ to 150 $^{\circ}\text{C}$

[†] Stresses beyond those listed under “absolute maximum ratings” may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated under “recommended operating conditions” is not implied. Exposure to absolute-maximum-rated conditions for extended periods may affect device reliability.

- NOTES:
1. All voltage values are with respect to the network ground terminal.
 2. Maximum power dissipation is a function of $T_J(\text{max})$, θ_{JA} , and T_A . The maximum allowable power dissipation at any allowable ambient temperature is $P_D = (T_J(\text{max}) - T_A)/\theta_{JA}$. Operating at the absolute maximum T_J of 150 $^{\circ}\text{C}$ can affect reliability.
 3. The package thermal impedance is calculated in accordance with JESD 51-7.

L293, L293D QUADRUPLE HALF-H DRIVERS

SLRS008C – SEPTEMBER 1986 – REVISED NOVEMBER 2004

recommended operating conditions

		MIN	MAX	UNIT
Supply voltage	V_{CC1}	4.5	7	V
	V_{CC2}	V_{CC1}	36	
V_{IH} High-level input voltage	$V_{CC1} \leq 7\text{ V}$	2.3	V_{CC1}	V
	$V_{CC1} \geq 7\text{ V}$	2.3	7	V
V_{IL} Low-level output voltage		-0.3†	1.5	V
T_A Operating free-air temperature		0	70	°C

† The algebraic convention, in which the least positive (most negative) designated minimum, is used in this data sheet for logic voltage levels.

electrical characteristics, $V_{CC1} = 5\text{ V}$, $V_{CC2} = 24\text{ V}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$

PARAMETER		TEST CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNIT
V_{OH} High-level output voltage		L293: $I_{OH} = -1\text{ A}$ L293D: $I_{OH} = -0.6\text{ A}$		$V_{CC2} - 1.8$	$V_{CC2} - 1.4$		V
V_{OL} Low-level output voltage		L293: $I_{OL} = 1\text{ A}$ L293D: $I_{OL} = 0.6\text{ A}$			1.2	1.8	V
V_{OKH} High-level output clamp voltage		L293D: $I_{OK} = -0.6\text{ A}$			$V_{CC2} + 1.3$		V
V_{OKL} Low-level output clamp voltage		L293D: $I_{OK} = 0.6\text{ A}$			1.3		V
I_{IH} High-level input current	A	$V_I = 7\text{ V}$			0.2	100	μA
	EN				0.2	10	
I_{IL} Low-level input current	A	$V_I = 0$			-3	-10	μA
	EN				-2	-100	
I_{CC1} Logic supply current		$I_O = 0$	All outputs at high level		13	22	mA
			All outputs at low level		35	60	
			All outputs at high impedance		8	24	
I_{CC2} Output supply current		$I_O = 0$	All outputs at high level		14	24	mA
			All outputs at low level		2	6	
			All outputs at high impedance		2	4	

switching characteristics, $V_{CC1} = 5\text{ V}$, $V_{CC2} = 24\text{ V}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$

PARAMETER		TEST CONDITIONS	L293NE, L293DNE			UNIT
			MIN	TYP	MAX	
t_{PLH} Propagation delay time, low-to-high-level output from A input		$C_L = 30\text{ pF}$, See Figure 1		800		ns
t_{PHL} Propagation delay time, high-to-low-level output from A input				400		ns
t_{TLH} Transition time, low-to-high-level output				300		ns
t_{THL} Transition time, high-to-low-level output				300		ns

switching characteristics, $V_{CC1} = 5\text{ V}$, $V_{CC2} = 24\text{ V}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$

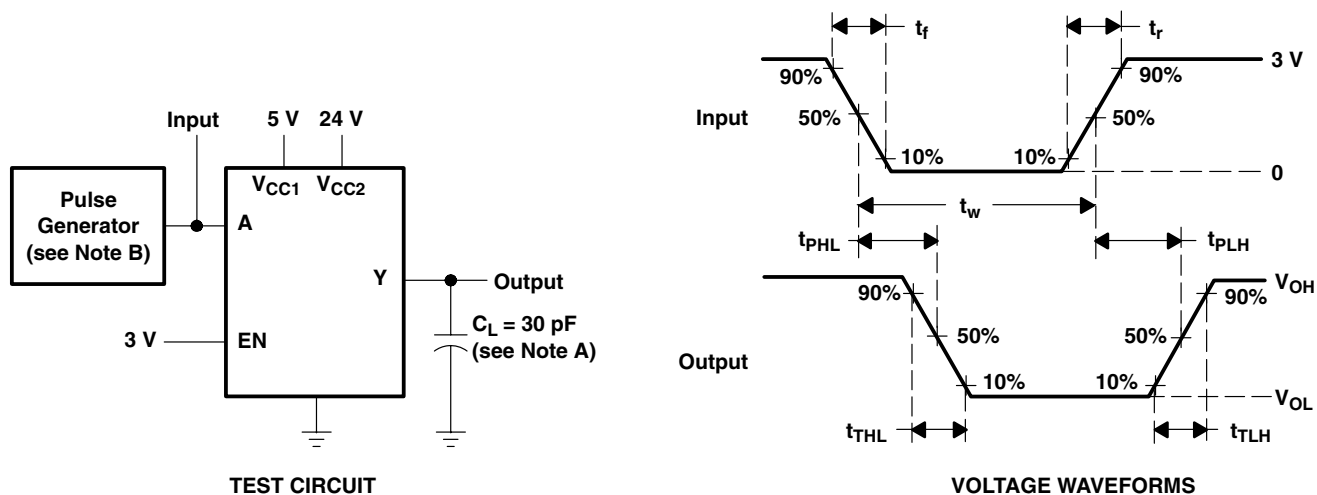
PARAMETER		TEST CONDITIONS	L293DWP, L293N L293DN			UNIT
			MIN	TYP	MAX	
t_{PLH} Propagation delay time, low-to-high-level output from A input		$C_L = 30\text{ pF}$, See Figure 1		750		ns
t_{PHL} Propagation delay time, high-to-low-level output from A input				200		ns
t_{TLH} Transition time, low-to-high-level output				100		ns
t_{THL} Transition time, high-to-low-level output				350		ns



L293, L293D QUADRUPLE HALF-H DRIVERS

SLRS008C – SEPTEMBER 1986 – REVISED NOVEMBER 2004

PARAMETER MEASUREMENT INFORMATION



- NOTES: A. C_L includes probe and jig capacitance.
 B. The pulse generator has the following characteristics: $t_r \leq 10 \text{ ns}$, $t_f \leq 10 \text{ ns}$, $t_w = 10 \mu\text{s}$, $\text{PRR} = 5 \text{ kHz}$, $Z_O = 50 \Omega$.

Figure 1. Test Circuit and Voltage Waveforms

APPLICATION INFORMATION

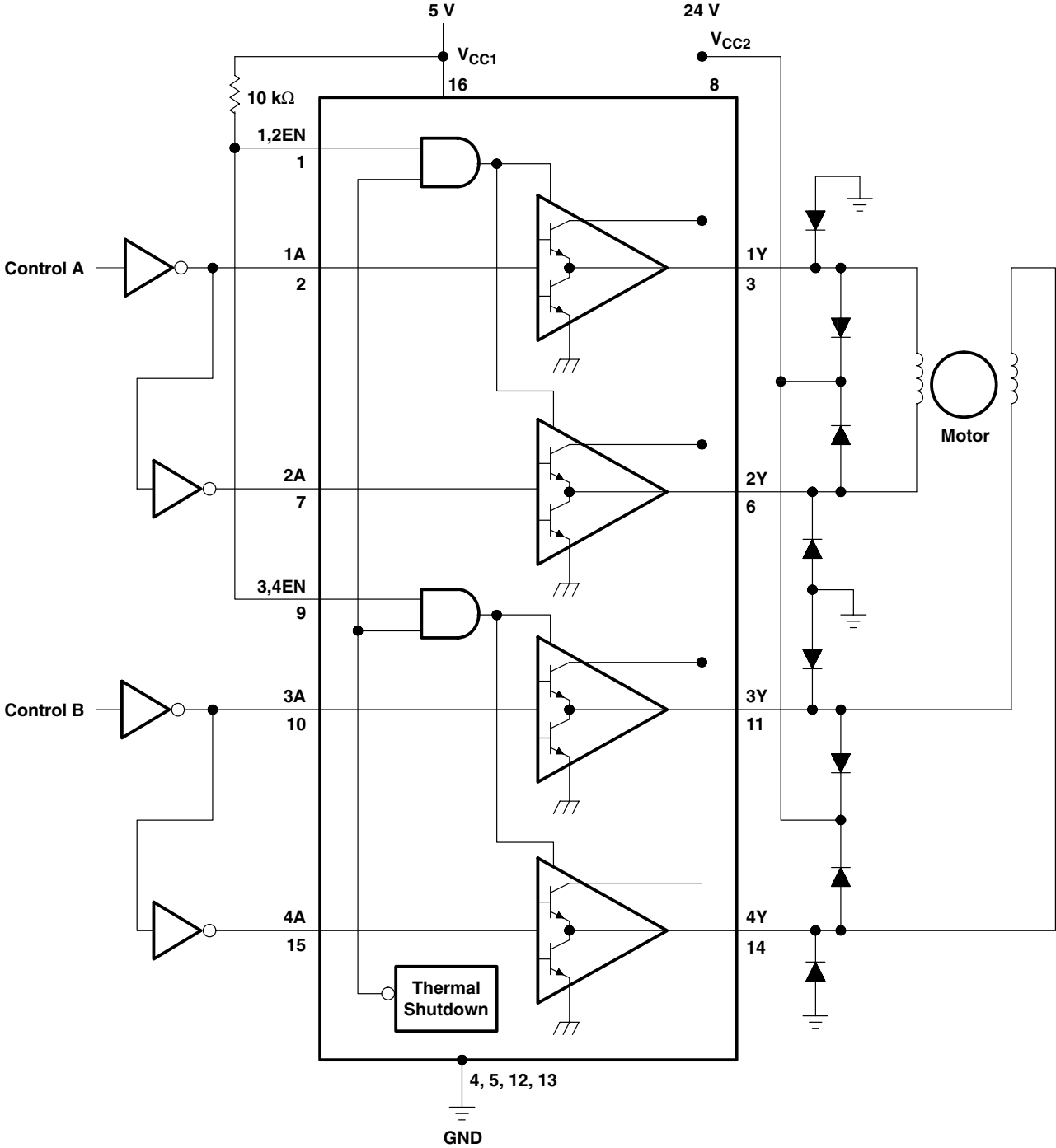


Figure 2. Two-Phase Motor Driver (L293)

L293, L293D QUADRUPLE HALF-H DRIVERS

SLRS008C – SEPTEMBER 1986 – REVISED NOVEMBER 2004

APPLICATION INFORMATION

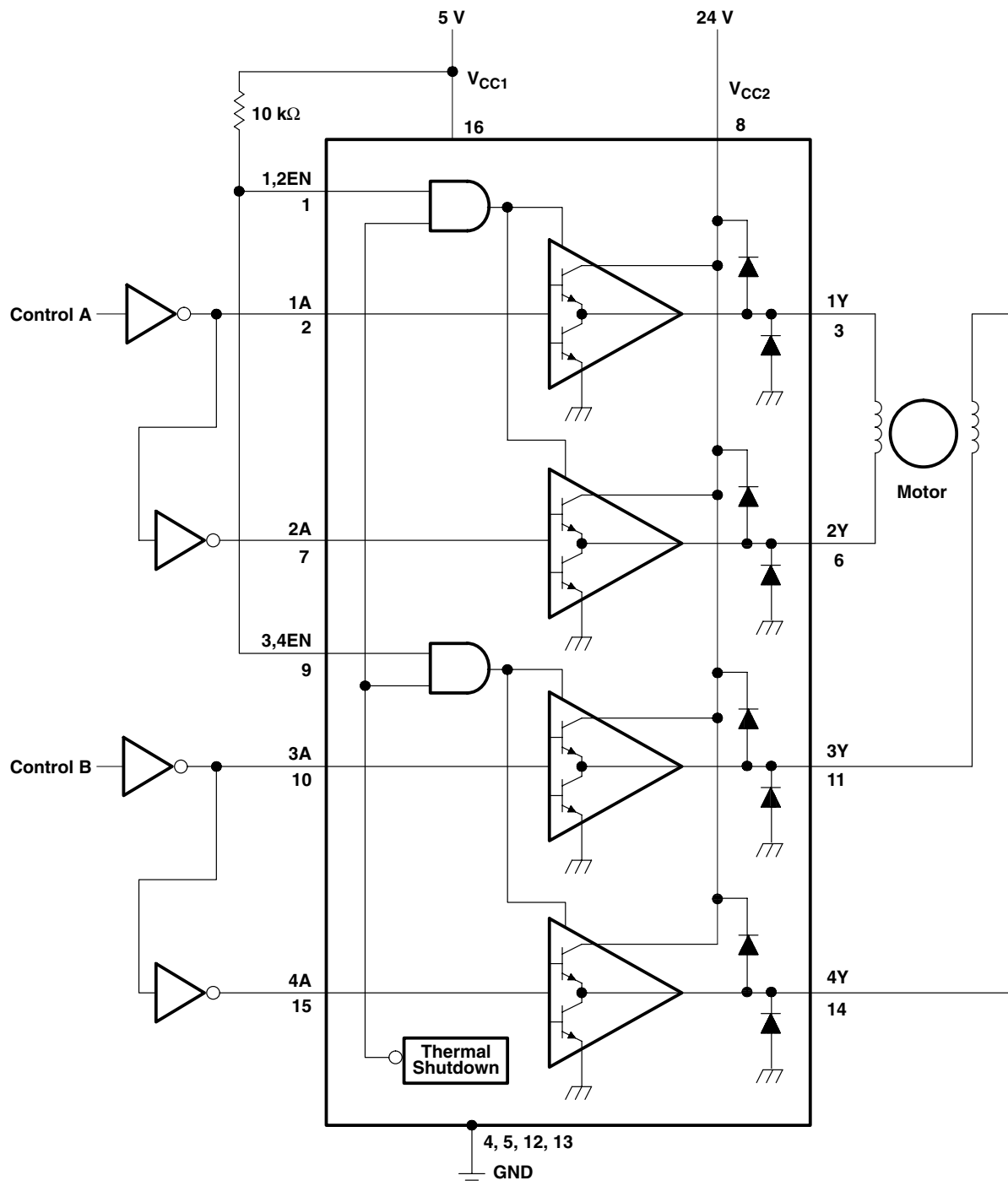
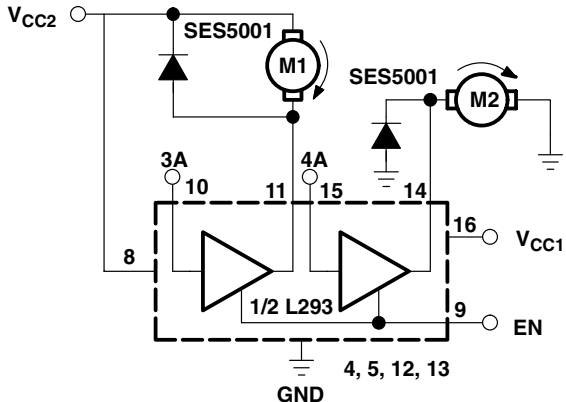


Figure 3. Two-Phase Motor Driver (L293D)

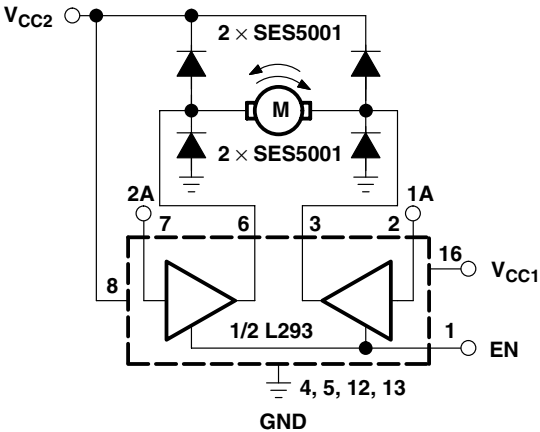
APPLICATION INFORMATION



EN	3A	M1	4A	M2
H	H	Fast motor stop	H	Run
H	L	Run	L	Fast motor stop
L	X	Free-running motor stop	X	Free-running motor stop

L = low, H = high, X = don't care

**Figure 4. DC Motor Controls
(connections to ground and to supply voltage)**



EN	1A	2A	FUNCTION
H	L	H	Turn right
H	H	L	Turn left
H	L	L	Fast motor stop
H	H	H	Fast motor stop
L	X	X	Fast motor stop

L = low, H = high, X = don't care

Figure 5. Bidirectional DC Motor Control

L293, L293D QUADRUPLE HALF-H DRIVERS

SLRS008C – SEPTEMBER 1986 – REVISED NOVEMBER 2004

APPLICATION INFORMATION

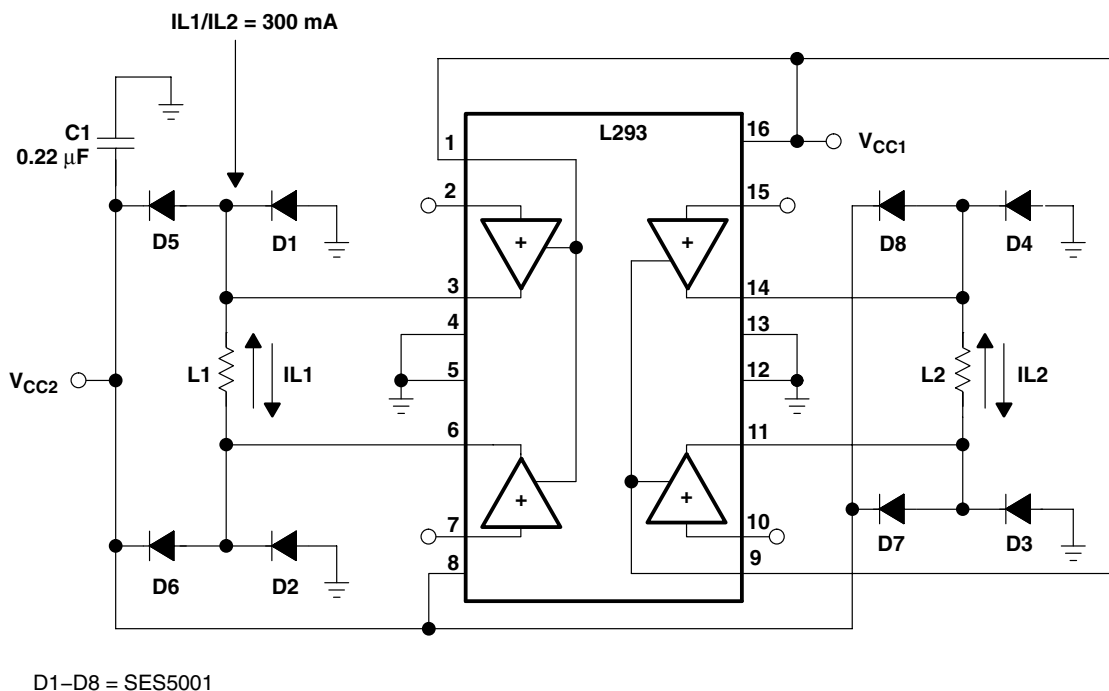


Figure 6. Bipolar Stepping-Motor Control

mounting instructions

The $R_{th(j-c)}$ of the L293 can be reduced by soldering the GND pins to a suitable copper area of the printed circuit board or to an external heat sink.

Figure 9 shows the maximum package power P_{TOT} and the θ_{JA} as a function of the side l of two equal square copper areas having a thickness of $35 \mu\text{m}$ (see Figure 7). In addition, an external heat sink can be used (see Figure 8).

During soldering, the pin temperature must not exceed 260°C , and the soldering time must not exceed 12 seconds.

The external heatsink or printed circuit copper area must be connected to electrical ground.

APPLICATION INFORMATION

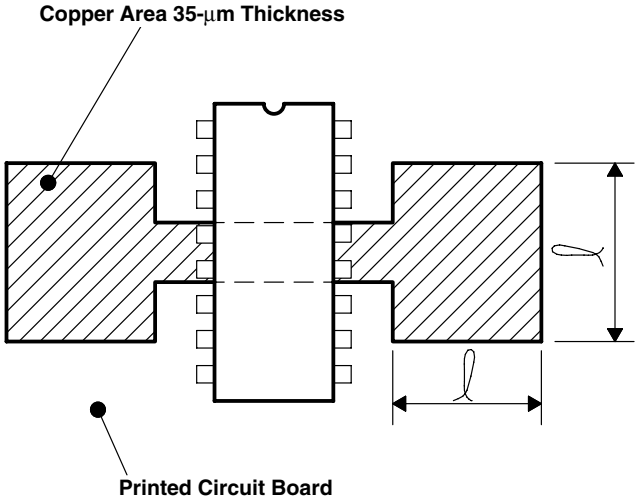


Figure 7. Example of Printed Circuit Board Copper Area (used as heat sink)

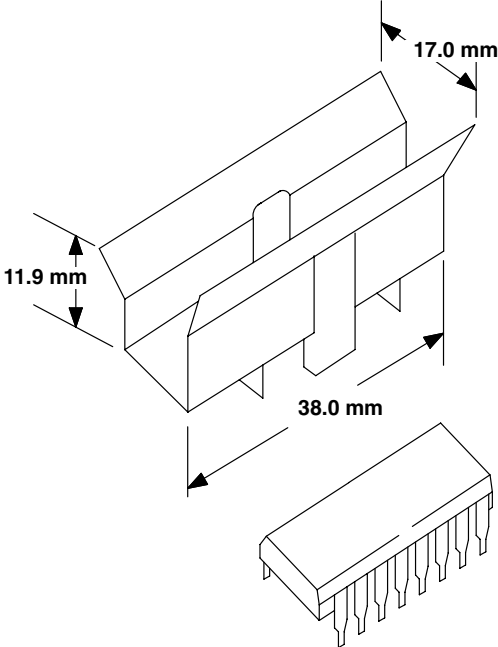


Figure 8. External Heat Sink Mounting Example ($\theta_{JA} = 25^{\circ}\text{C/W}$)

L293, L293D QUADRUPLE HALF-H DRIVERS

SLRS008C – SEPTEMBER 1986 – REVISED NOVEMBER 2004

APPLICATION INFORMATION

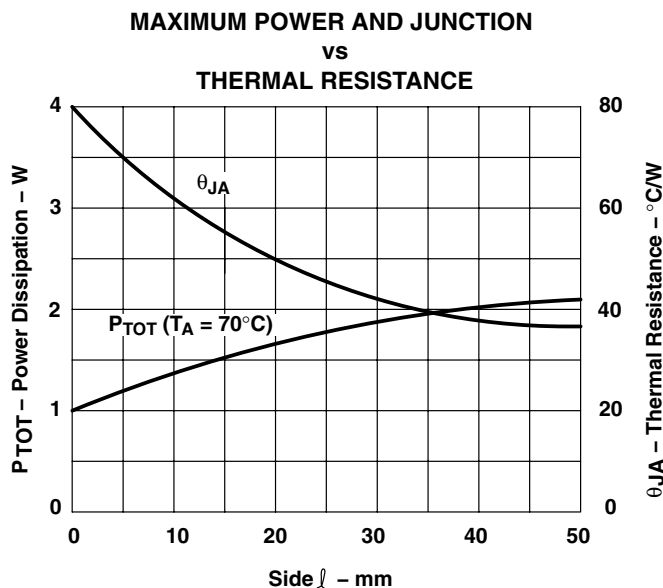


Figure 9

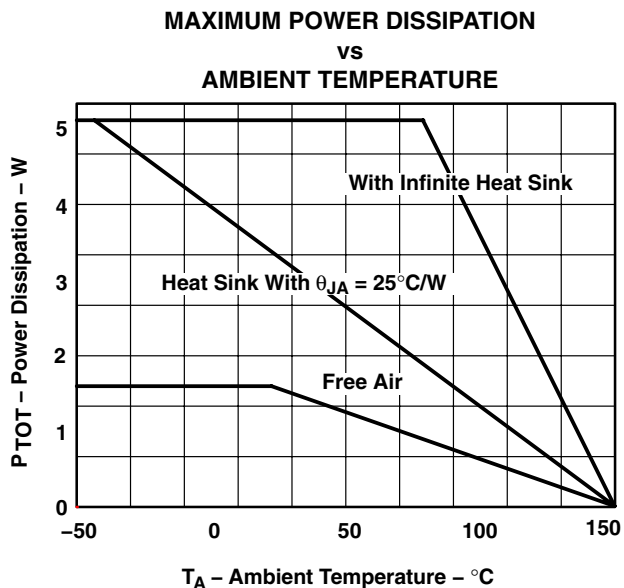


Figure 10

PACKAGING INFORMATION

Orderable Device	Status (1)	Package Type	Package Drawing	Pins	Package Qty	Eco Plan (2)	Lead/Ball Finish (6)	MSL Peak Temp (3)	Op Temp (°C)	Device Marking (4/5)	Samples
L293DNE	ACTIVE	PDIP	NE	16	25	Pb-Free (RoHS)	CU NIPDAU	N / A for Pkg Type	0 to 70	L293DNE	Samples
L293DNEE4	ACTIVE	PDIP	NE	16	25	Pb-Free (RoHS)	CU NIPDAU	N / A for Pkg Type	0 to 70	L293DNE	Samples
L293DWP	OBSOLETE	SOIC	DW	28		TBD	Call TI	Call TI	0 to 70	L293DWP	
L293DWPG4	OBSOLETE	SOIC	DW	28		TBD	Call TI	Call TI	0 to 70		
L293DWPTR	OBSOLETE	SO PowerPAD	DWP	28		TBD	Call TI	Call TI	0 to 70		
L293N	OBSOLETE	PDIP	N	16		TBD	Call TI	Call TI	0 to 70	L293N	
L293NE	ACTIVE	PDIP	NE	16	25	Pb-Free (RoHS)	CU NIPDAU	N / A for Pkg Type	0 to 70	L293NE	Samples
L293NEE4	ACTIVE	PDIP	NE	16	25	Pb-Free (RoHS)	CU NIPDAU	N / A for Pkg Type	0 to 70	L293NE	Samples
L293NG4	OBSOLETE	PDIP	N	16		TBD	Call TI	Call TI	0 to 70		

(1) The marketing status values are defined as follows:

ACTIVE: Product device recommended for new designs.

LIFEBUY: TI has announced that the device will be discontinued, and a lifetime-buy period is in effect.

NRND: Not recommended for new designs. Device is in production to support existing customers, but TI does not recommend using this part in a new design.

PREVIEW: Device has been announced but is not in production. Samples may or may not be available.

OBSOLETE: TI has discontinued the production of the device.

(2) Eco Plan - The planned eco-friendly classification: Pb-Free (RoHS), Pb-Free (RoHS Exempt), or Green (RoHS & no Sb/Br) - please check <http://www.ti.com/productcontent> for the latest availability information and additional product content details.

TBD: The Pb-Free/Green conversion plan has not been defined.

Pb-Free (RoHS): TI's terms "Lead-Free" or "Pb-Free" mean semiconductor products that are compatible with the current RoHS requirements for all 6 substances, including the requirement that lead not exceed 0.1% by weight in homogeneous materials. Where designed to be soldered at high temperatures, TI Pb-Free products are suitable for use in specified lead-free processes.

Pb-Free (RoHS Exempt): This component has a RoHS exemption for either 1) lead-based flip-chip solder bumps used between the die and package, or 2) lead-based die adhesive used between the die and leadframe. The component is otherwise considered Pb-Free (RoHS compatible) as defined above.

Green (RoHS & no Sb/Br): TI defines "Green" to mean Pb-Free (RoHS compatible), and free of Bromine (Br) and Antimony (Sb) based flame retardants (Br or Sb do not exceed 0.1% by weight in homogeneous material)

(3) MSL, Peak Temp. - The Moisture Sensitivity Level rating according to the JEDEC industry standard classifications, and peak solder temperature.

(4) There may be additional marking, which relates to the logo, the lot trace code information, or the environmental category on the device.

⁽⁵⁾ Multiple Device Markings will be inside parentheses. Only one Device Marking contained in parentheses and separated by a "-" will appear on a device. If a line is indented then it is a continuation of the previous line and the two combined represent the entire Device Marking for that device.

⁽⁶⁾ Lead/Ball Finish - Orderable Devices may have multiple material finish options. Finish options are separated by a vertical ruled line. Lead/Ball Finish values may wrap to two lines if the finish value exceeds the maximum column width.

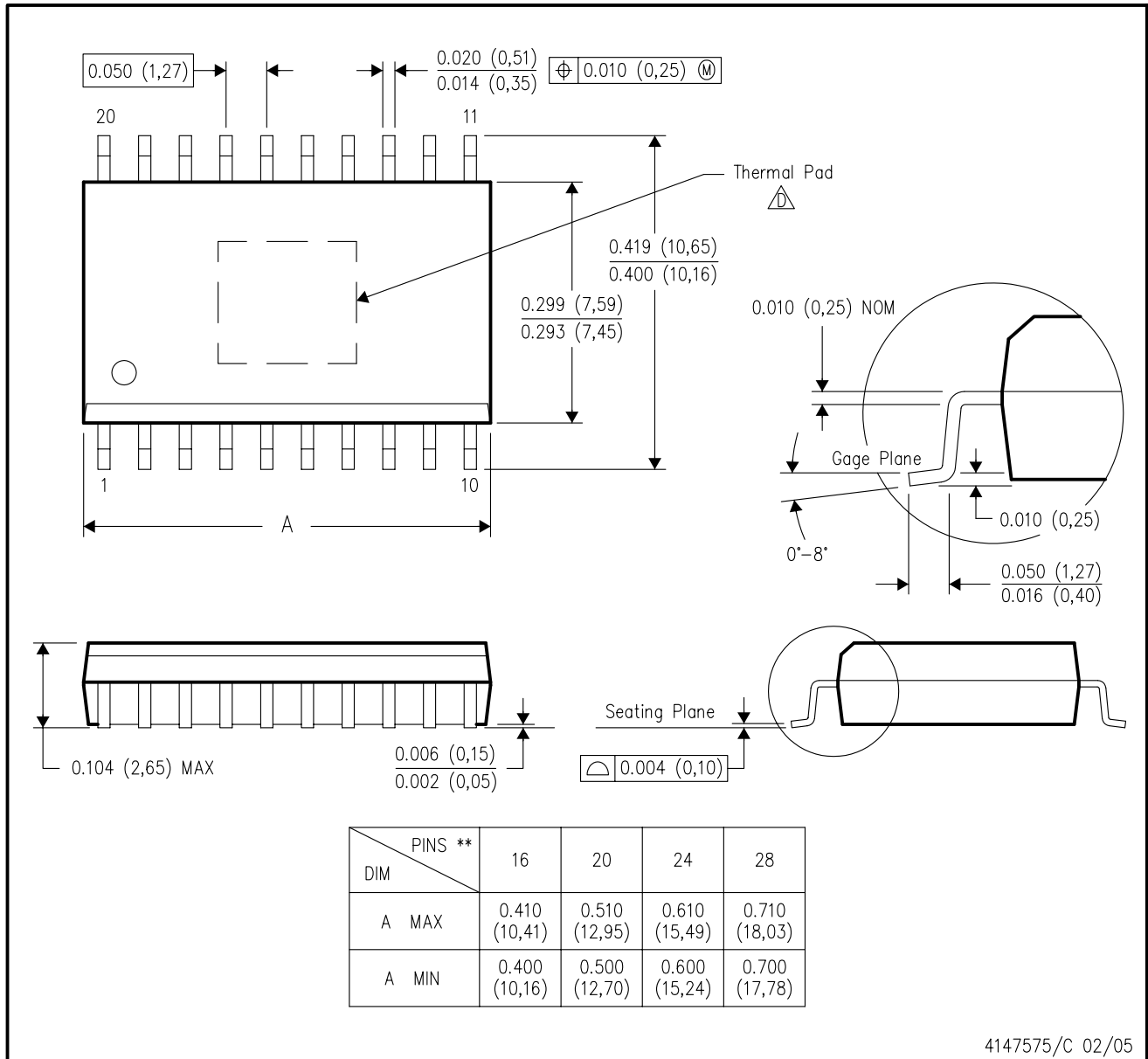
Important Information and Disclaimer:The information provided on this page represents TI's knowledge and belief as of the date that it is provided. TI bases its knowledge and belief on information provided by third parties, and makes no representation or warranty as to the accuracy of such information. Efforts are underway to better integrate information from third parties. TI has taken and continues to take reasonable steps to provide representative and accurate information but may not have conducted destructive testing or chemical analysis on incoming materials and chemicals. TI and TI suppliers consider certain information to be proprietary, and thus CAS numbers and other limited information may not be available for release.

In no event shall TI's liability arising out of such information exceed the total purchase price of the TI part(s) at issue in this document sold by TI to Customer on an annual basis.

MECHANICAL DATA

DWP (R-PDSO-G**) 20 PINS SHOWN

PowerPAD™ PLASTIC SMALL-OUTLINE PACKAGE



- NOTES:
- A. All linear dimensions are in inches (millimeters).
 - B. This drawing is subject to change without notice.
 - C. Body dimensions do not include mold flash or protrusion not to exceed 0.006 (0,15).
- △ This package is designed to be soldered to a thermal pad on the board. Refer to Technical Brief, PowerPAD Thermally Enhanced Package, Texas Instruments Literature No. SLMA002 for information regarding recommended board layout. This document is available at www.ti.com <<http://www.ti.com>>. See the product data sheet for details regarding the exposed thermal pad dimensions.

PowerPAD is a trademark of Texas Instruments.

DW (R-PDSO-G28)

PLASTIC SMALL OUTLINE



4040000-6/G 01/11

- NOTES:
- All linear dimensions are in inches (millimeters). Dimensioning and tolerancing per ASME Y14.5M-1994.
 - This drawing is subject to change without notice.
 - Body dimensions do not include mold flash or protrusion not to exceed 0.006 (0,15).
 - Falls within JEDEC MS-013 variation AE.

IMPORTANT NOTICE

Texas Instruments Incorporated and its subsidiaries (TI) reserve the right to make corrections, enhancements, improvements and other changes to its semiconductor products and services per JESD46, latest issue, and to discontinue any product or service per JESD48, latest issue. Buyers should obtain the latest relevant information before placing orders and should verify that such information is current and complete. All semiconductor products (also referred to herein as "components") are sold subject to TI's terms and conditions of sale supplied at the time of order acknowledgment.

TI warrants performance of its components to the specifications applicable at the time of sale, in accordance with the warranty in TI's terms and conditions of sale of semiconductor products. Testing and other quality control techniques are used to the extent TI deems necessary to support this warranty. Except where mandated by applicable law, testing of all parameters of each component is not necessarily performed.

TI assumes no liability for applications assistance or the design of Buyers' products. Buyers are responsible for their products and applications using TI components. To minimize the risks associated with Buyers' products and applications, Buyers should provide adequate design and operating safeguards.

TI does not warrant or represent that any license, either express or implied, is granted under any patent right, copyright, mask work right, or other intellectual property right relating to any combination, machine, or process in which TI components or services are used. Information published by TI regarding third-party products or services does not constitute a license to use such products or services or a warranty or endorsement thereof. Use of such information may require a license from a third party under the patents or other intellectual property of the third party, or a license from TI under the patents or other intellectual property of TI.

Reproduction of significant portions of TI information in TI data books or data sheets is permissible only if reproduction is without alteration and is accompanied by all associated warranties, conditions, limitations, and notices. TI is not responsible or liable for such altered documentation. Information of third parties may be subject to additional restrictions.

Resale of TI components or services with statements different from or beyond the parameters stated by TI for that component or service voids all express and any implied warranties for the associated TI component or service and is an unfair and deceptive business practice. TI is not responsible or liable for any such statements.

Buyer acknowledges and agrees that it is solely responsible for compliance with all legal, regulatory and safety-related requirements concerning its products, and any use of TI components in its applications, notwithstanding any applications-related information or support that may be provided by TI. Buyer represents and agrees that it has all the necessary expertise to create and implement safeguards which anticipate dangerous consequences of failures, monitor failures and their consequences, lessen the likelihood of failures that might cause harm and take appropriate remedial actions. Buyer will fully indemnify TI and its representatives against any damages arising out of the use of any TI components in safety-critical applications.

In some cases, TI components may be promoted specifically to facilitate safety-related applications. With such components, TI's goal is to help enable customers to design and create their own end-product solutions that meet applicable functional safety standards and requirements. Nonetheless, such components are subject to these terms.

No TI components are authorized for use in FDA Class III (or similar life-critical medical equipment) unless authorized officers of the parties have executed a special agreement specifically governing such use.

Only those TI components which TI has specifically designated as military grade or "enhanced plastic" are designed and intended for use in military/aerospace applications or environments. Buyer acknowledges and agrees that any military or aerospace use of TI components which have **not** been so designated is solely at the Buyer's risk, and that Buyer is solely responsible for compliance with all legal and regulatory requirements in connection with such use.

TI has specifically designated certain components as meeting ISO/TS16949 requirements, mainly for automotive use. In any case of use of non-designated products, TI will not be responsible for any failure to meet ISO/TS16949.

Products

Audio	www.ti.com/audio
Amplifiers	amplifier.ti.com
Data Converters	dataconverter.ti.com
DLP® Products	www.dlp.com
DSP	dsp.ti.com
Clocks and Timers	www.ti.com/clocks
Interface	interface.ti.com
Logic	logic.ti.com
Power Mgmt	power.ti.com
Microcontrollers	microcontroller.ti.com
RFID	www.ti-rfid.com
OMAP Applications Processors	www.ti.com/omap
Wireless Connectivity	www.ti.com/wirelessconnectivity

Applications

Automotive and Transportation	www.ti.com/automotive
Communications and Telecom	www.ti.com/communications
Computers and Peripherals	www.ti.com/computers
Consumer Electronics	www.ti.com/consumer-apps
Energy and Lighting	www.ti.com/energy
Industrial	www.ti.com/industrial
Medical	www.ti.com/medical
Security	www.ti.com/security
Space, Avionics and Defense	www.ti.com/space-avionics-defense
Video and Imaging	www.ti.com/video

TI E2E Community

e2e.ti.com

Using the 16 MHz Crystal Oscillator

MC9328MX1, MC9328MXL, and MC9328MXS

By Connie Cheung and Michael Kjar

1 Abstract

The 16 MHz Crystal Oscillator module is designed to handle off-chip crystals that have a frequency of 4–16 MHz. The crystal oscillator's output is fed to the System PLL as the input reference. The oscillator design generates low frequency and phase jitter, which is recommended for USB operation.

This document contains an overview of the on-chip oscillator design and parameters for the crystal model, which are derived from both simulation and empirical data analysis. Recommendations and requirements for selecting a 16 MHz crystal are also covered. Finally, the document has guidelines and a detailed description of oscillator circuit design and PCB layout. It is strongly recommended that you follow the crystal specification and crystal PCB layout guidelines in this document.

This document applies to the following i.MX devices, collectively called i.MX throughout:

- MC9328MX1
- MC9328MXL
- MC9328MXS

Contents

1 Abstract	1
2 Circuit Design	2
3 Crystal Evaluations and Recommendations	3
4 Enabling the On-Chip 16 MHz Oscillator ...	5
5 Using an External Signal as the Clock Source	5
6 Laying Out the Printed Circuit Board with the Oscillator	6
7 Document Revision History	7



2 Circuit Design

The oscillator design on i.MX processors is known as the Colpitts Oscillator with Translated ground, illustrated in [Figure 1](#).

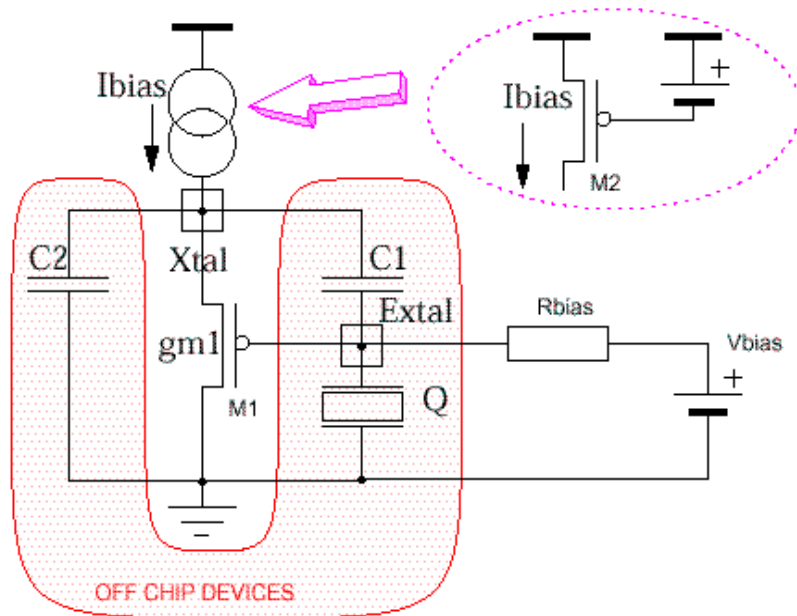


Figure 1. Simplified Oscillator Stage

2.1 Crystal Equivalent Circuit

[Figure 2](#) illustrates the crystal's equivalent electrical model.

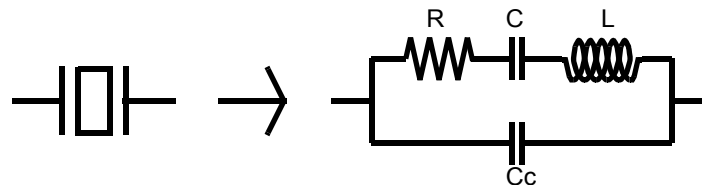


Figure 2. Crystal Electrical Equivalent Schematic

The crystal model is based on the following components:

- L: Motional Inductor
- C: Motional Capacitor
- R: Equivalent Series Resistor
- Cc: Shunt Capacitor

Operational oscillation frequency is a function of the components in [Equation 1](#):

$$\text{Freq} = 1/[2*\pi*\text{sqrt}(L*C)]$$

Eqn. 1

The conditions for oscillation are as follows:

- Amplifier Gain ≥ 1
- Total phase shift across crystal = 360 degrees

The following factors influence crystal oscillation:

1. As C_c increases, Gain decreases.
2. As R increases, Gain decreases.
3. The C_1 and C_2 load capacitors affect the gain and phase margin. The simulation output shows that the following settings generate the largest gain: 10 pF (for C_1) and 33 pF (for C_2).

3 Crystal Evaluations and Recommendations

This section describes evaluations conducted by two crystal vendors, Hong Kong X'tals Limited (referred to as crystal 1 in this text) and ILSI America (referred to as crystal 2). The vendors tested the on-chip oscillator with their own 16 MHz crystals, which meet the following requirements:

- R (equivalent series resistance, or ESR) < 20 ohm
- C_c (Shunt Capacitance) < 7 pF

The evaluation environment had the following characteristics:

- Crystal 1 was evaluated with an MC9328MX1 EVB with the i.MX processor inserted in a socket. Crystal 2 was evaluated with an ADS with the i.MX processor soldered directly onto the board.
- The external capacitor values were: $C_1 = 10$ pF and $C_2 = 33$ pF. (To see how the external capacitors fit into the circuit board layout, see [Figure 4](#).)

3.1 Measurement Results

The evaluations produced the following results:

- Total capacitor load = 22.5 pF.
- Measured negative resistance versus the V_o (output voltage) signal of 16 MHz, as shown in [Figure 3](#).

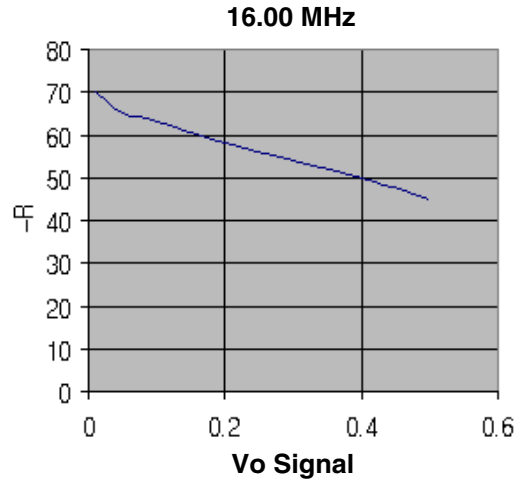


Figure 3. Negative Resistance Versus Output Amplitude for 16 MHz

The crystal evaluations produced comparable results except for the capacitive loading of the 16 MHz oscillator itself. One vendor reports this value as 22.5 pF, while the other reports it as 14 pF. This difference is probably due to slight differences in measurement environments, measurement tools, evaluation boards, and method of connecting the i.MX processor to the board.

To ensure oscillations are produced, use a crystal with a low ESR value. The required ESR value for 16 MHz crystals is a maximum of 20 ohms.

The following value ranges are recommended for external load capacitors:

- C1 = 10–17 pF
- C2 = 22–33 pF

The evaluations show that the optimum capacitance values are 17 pF for C1 and 30 pF for C2. The driving level is 2.0 uW (microwatts).

3.2 Crystal Recommendations

The following crystal recommendations are based on the evaluations described in this section. At the time of this writing, these options are available from the vendors who conducted the evaluations:

- Hong Kong X'tals Limited
16 MHz SMD 5mm × 7mm
Part number: C5M1600000D16F5FHK00
Note: Ask for a crystal that has an ESR < 20 ohms and a load capacitance of 22.5 pF.
- ILSI America,
16 MHz SMD 5mm × 7mm
Part number: ILSI-C-1074
Note: Ask for a crystal that has an ESR ≤ 18 ohms and a load capacitance of 14 pF.

4 Enabling the On-Chip 16 MHz Oscillator

To use the on-chip 16 MHz oscillator with a crystal, you must use a high quality crystal with an ESR below 20 ohms. To enable the on-chip 16 MHz oscillator, the Clock Source Control Register (CSCR) must have the following settings:

- `CLKO_SEL` — Set to any value other than 011 (CLK16M).
- `OSC_EN` — To enable the on-chip 16 MHz oscillator, set to 1.
- Set `System_SEL` — To select the 16 MHz oscillator as the clock source of the System PLL, set to 1.

CAUTION

When you enable the on-chip 16 MHz oscillator, make sure `CLKO_SEL` is not set to output CLK16M. Experiments have shown that this setting can load down the on-chip oscillator during crystal start up. After the 16 MHz oscillator starts to oscillate, however, it is all right to output CLK16M. If you are not using the CLKO signal, it is advisable to disable the CLKO pin by setting `CLKO_SEL` to 110 or 111.

For more information about the Clock Source Control register and its bit definitions, refer to the PLL and Clock Control chapter in the reference manual for your specific i.MX processor.

5 Using an External Signal as the Clock Source

As an alternative to using a crystal, you can use an externally generated 16 MHz clock source as input to the on-chip 16 MHz oscillator. If you use an external 16 MHz oscillator or other clock source, use one of the following settings to put the internal oscillator in bypass mode:

- To select the clock input from the 16 MHz oscillator, set the CSCR register bit 18 to 0, `CLK16_SEL`.
- To disable the on-chip oscillator, set the CSCR register bit 17 to 0, `OSC_EN`.
- To select the high frequency signal as input to the System PLL, set the CSCR register bit 16 to 1, `System_SEL`.

For more information about the Clock Source Control register and its bit definitions, refer to the PLL and Clock Control chapter in the reference manual for your specific i.MX processor.

To use an external signal instead of a crystal, make sure the crystal is removed from the board. With this step complete, the external clock can be fed into the EXTAL16M pad with a peak amplitude that is not higher than the internal voltage or 1.9 V.

If you use a 16 MHz oscillator, it is best to provide a mechanism to shut off the oscillator during low-power modes. Shutting off the power in this way results in maximum power savings. You can achieve this by using a GPIO to enable or disable the external oscillator.

6 Laying Out the Printed Circuit Board with the Oscillator

This Colpitts Oscillator is very sensitive to the external components on the PCB. The following guidelines provide some necessary information on the PCB layout. The external component connection is shown in Figure 4 and the layout on PCB is shown in Figure 5 on page 6.

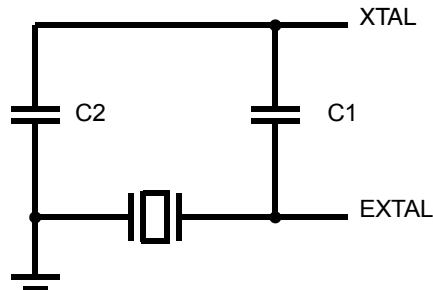


Figure 4. Schematic of External Components

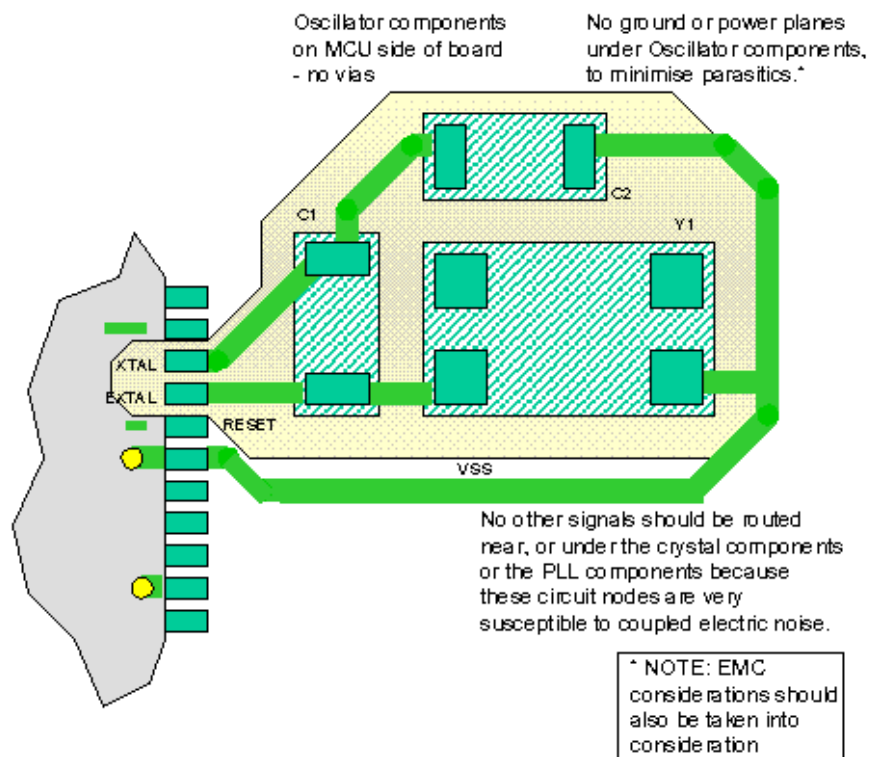


Figure 5. Recommended PCB Layout

The following list contains highly recommended guidelines for crystal circuit design and layout. Failure to meet these guidelines can result in unstable crystal operation or failed crystal start up.

- Parasitic capacitance on EXTAL is absolutely critical—probably the most critical of any layout issue. The XTAL pin is not as sensitive.
- Consider all routing from the EXTAL pin through the resonator and the blocking cap to the actual connection to VSS.

- To minimize capacitance, do not put a ground plane or power plane under the crystal, EXTAL pin, or associated routing.
- If you must place a ground plane layer under the EXTAL pin, minimize capacitance by placing the layer at a minimum distance of $3x$ the ball pitch space.
- The clock input circuitry is sensitive to noise, so it is mandatory to have excellent supply routing and decoupling.
- Bypass (decouple) the power supplies of all i.MX processors as close to the processor as possible. Use one decoupling capacitor per power supply pair (for example, VDD/VSS or VDDX/VSSX). To offer better performances over a broader spectrum, it is sometimes helpful to use two capacitors with a ratio of about 100.
- Do not cross sensitive signals *on any layer*. If you must cross a sensitive signal with another signal, cross at right angles and on the most distant layer possible.
- Do not cross the oscillator signals with any other signal on any level.
- Mount the oscillator components as close as possible to the i.MX processor.

7 Document Revision History

Table 1 summarizes revisions to this document since the previous release (Rev. 0).

Table 1. Revision History

Revision	Description
Document	Converted to Freescale format and lightly edited for clarity.
Section 5, "Using an External Signal as the Clock Source"	This section was rewritten for clarity.

How to Reach Us:

Home Page:
www.freescale.com

E-mail:
support@freescale.com

USA/Europe or Locations Not Listed:
Freescale Semiconductor
Technical Information Center, CH370
1300 N. Alma School Road
Chandler, Arizona 85224
+1-800-521-6274 or +1-480-768-2130
support@freescale.com

Europe, Middle East, and Africa:
Freescale Halbleiter Deutschland GmbH
Technical Information Center
Schatzbogen 7
81829 Muenchen, Germany
+44 1296 380 456 (English)
+46 8 52200080 (English)
+49 89 92103 559 (German)
+33 1 69 35 48 48 (French)
support@freescale.com

Japan:
Freescale Semiconductor Japan Ltd.
Headquarters
ARCO Tower 15F
1-8-1, Shimo-Meguro, Meguro-ku,
Tokyo 153-0064, Japan
0120 191014 or +81 3 5437 9125
support.japan@freescale.com

Asia/Pacific:
Freescale Semiconductor Hong Kong Ltd.
Technical Information Center
2 Dai King Street
Tai Po Industrial Estate
Tai Po, N.T., Hong Kong
+800 2666 8080
support.asia@freescale.com

For Literature Requests Only:
Freescale Semiconductor Literature Distribution Center
P.O. Box 5405
Denver, Colorado 80217
1-800-521-6274 or 303-675-2140

Information in this document is provided solely to enable system and software implementers to use Freescale Semiconductor products. There are no express or implied copyright licenses granted hereunder to design or fabricate any integrated circuits or integrated circuits based on the information in this document.

Freescale Semiconductor reserves the right to make changes without further notice to any products herein. Freescale Semiconductor makes no warranty, representation or guarantee regarding the suitability of its products for any particular purpose, nor does Freescale Semiconductor assume any liability arising out of the application or use of any product or circuit, and specifically disclaims any and all liability, including without limitation consequential or incidental damages. "Typical" parameters that may be provided in Freescale Semiconductor data sheets and/or specifications can and do vary in different applications and actual performance may vary over time. All operating parameters, including "Typicals", must be validated for each customer application by customer's technical experts. Freescale Semiconductor does not convey any license under its patent rights nor the rights of others. Freescale Semiconductor products are not designed, intended, or authorized for use as components in systems intended for surgical implant into the body, or other applications intended to support or sustain life, or for any other application in which the failure of the Freescale Semiconductor product could create a situation where personal injury or death may occur. Should Buyer purchase or use Freescale Semiconductor products for any such unintended or unauthorized application, Buyer shall indemnify and hold Freescale Semiconductor and its officers, employees, subsidiaries, affiliates, and distributors harmless against all claims, costs, damages, and expenses, and reasonable attorney fees arising out of, directly or indirectly, any claim of personal injury or death associated with such unintended or unauthorized use, even if such claim alleges that Freescale Semiconductor was negligent regarding the design or manufacture of the part.

Freescale™ and the Freescale logo are trademarks of Freescale Semiconductor, Inc. The ARM Powered Logo is a registered trademark of ARM Limited. All other product or service names are the property of their respective owners.

© Freescale Semiconductor, Inc. 2005. All rights reserved.

Features

- High Performance, Low Power Atmel® AVR® 8-Bit Microcontroller
- Advanced RISC Architecture
 - 131 Powerful Instructions – Most Single Clock Cycle Execution
 - 32 x 8 General Purpose Working Registers
 - Fully Static Operation
 - Up to 20 MIPS Throughput at 20MHz
 - On-chip 2-cycle Multiplier
- High Endurance Non-volatile Memory Segments
 - 4/8/16/32KBytes of In-System Self-Programmable Flash program memory
 - 256/512/512/1KBytes EEPROM
 - 512/1K/1K/2KBytes Internal SRAM
 - Write/Erase Cycles: 10,000 Flash/100,000 EEPROM
 - Data retention: 20 years at 85°C/100 years at 25°C⁽¹⁾
 - Optional Boot Code Section with Independent Lock Bits
In-System Programming by On-chip Boot Program
True Read-While-Write Operation
 - Programming Lock for Software Security
- Atmel® QTouch® library support
 - Capacitive touch buttons, sliders and wheels
 - QTouch and QMatrix® acquisition
 - Up to 64 sense channels
- Peripheral Features
 - Two 8-bit Timer/Counters with Separate Prescaler and Compare Mode
 - One 16-bit Timer/Counter with Separate Prescaler, Compare Mode, and Capture Mode
 - Real Time Counter with Separate Oscillator
 - Six PWM Channels
 - 8-channel 10-bit ADC in TQFP and QFN/MLF package
Temperature Measurement
 - 6-channel 10-bit ADC in PDIP Package
Temperature Measurement
 - Programmable Serial USART
 - Master/Slave SPI Serial Interface
 - Byte-oriented 2-wire Serial Interface (Philips I²C compatible)
 - Programmable Watchdog Timer with Separate On-chip Oscillator
 - On-chip Analog Comparator
 - Interrupt and Wake-up on Pin Change
- Special Microcontroller Features
 - Power-on Reset and Programmable Brown-out Detection
 - Internal Calibrated Oscillator
 - External and Internal Interrupt Sources
 - Six Sleep Modes: Idle, ADC Noise Reduction, Power-save, Power-down, Standby, and Extended Standby
- I/O and Packages
 - 23 Programmable I/O Lines
 - 28-pin PDIP, 32-lead TQFP, 28-pad QFN/MLF and 32-pad QFN/MLF
- Operating Voltage:
 - 1.8 - 5.5V
- Temperature Range:
 - -40°C to 85°C
- Speed Grade:
 - 0 - 4MHz@1.8 - 5.5V, 0 - 10MHz@2.7 - 5.5.V, 0 - 20MHz @ 4.5 - 5.5V
- Power Consumption at 1MHz, 1.8V, 25°C
 - Active Mode: 0.2mA
 - Power-down Mode: 0.1µA
 - Power-save Mode: 0.75µA (Including 32kHz RTC)



8-bit Atmel Microcontroller with 4/8/16/32K Bytes In-System Programmable Flash

ATmega48A
ATmega48PA
ATmega88A
ATmega88PA
ATmega168A
ATmega168PA
ATmega328
ATmega328P

Summary

Rev. 8271DS-AVR-05/11



1. Pin Configurations

Figure 1-1. Pinout ATmega48A/PA/88A/PA/168A/PA/328/P

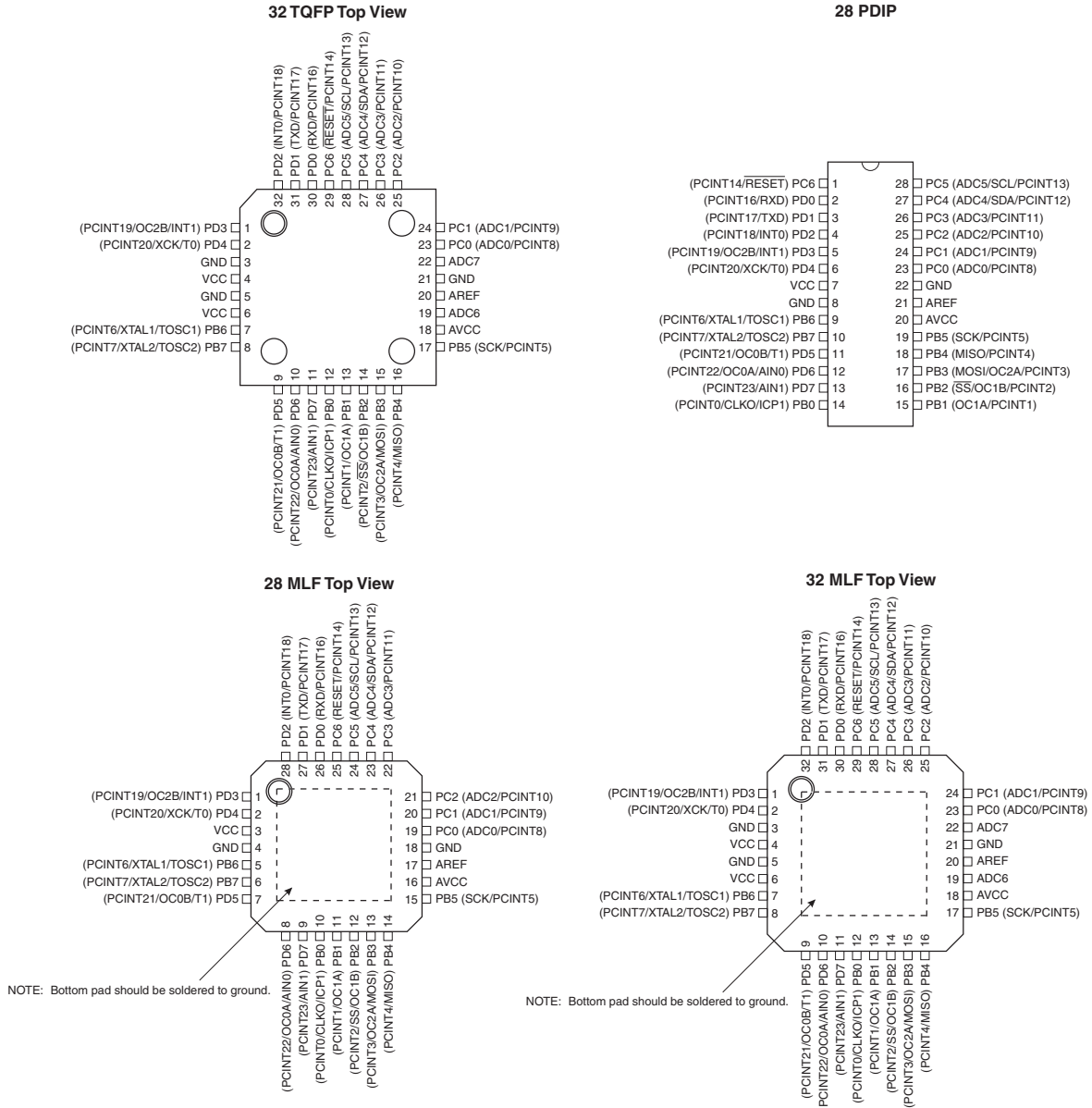


Table 1-1. 32UFBGA - Pinout ATmega48A/48PA/88A/88PA/168A/168PA

	1	2	3	4	5	6
A	PD2	PD1	PC6	PC4	PC2	PC1
B	PD3	PD4	PD0	PC5	PC3	PC0
C	GND	GND			ADC7	GND
D	VDD	VDD			AREF	ADC6
E	PB6	PD6	PB0	PB2	AVDD	PB5
F	PB7	PD5	PD7	PB1	PB3	PB4

1.1 Pin Descriptions

1.1.1 VCC

Digital supply voltage.

1.1.2 GND

Ground.

1.1.3 Port B (PB7:0) XTAL1/XTAL2/TOSC1/TOSC2

Port B is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port B output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port B pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port B pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.

Depending on the clock selection fuse settings, PB6 can be used as input to the inverting Oscillator amplifier and input to the internal clock operating circuit.

Depending on the clock selection fuse settings, PB7 can be used as output from the inverting Oscillator amplifier.

If the Internal Calibrated RC Oscillator is used as chip clock source, PB7...6 is used as TOSC2...1 input for the Asynchronous Timer/Counter2 if the AS2 bit in ASSR is set.

The various special features of Port B are elaborated in ["Alternate Functions of Port B" on page 84](#) and ["System Clock and Clock Options" on page 27](#).

1.1.4 Port C (PC5:0)

Port C is a 7-bit bi-directional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The PC5...0 output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port C pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port C pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.

1.1.5 PC6/ $\overline{\text{RESET}}$

If the RSTDISBL Fuse is programmed, PC6 is used as an I/O pin. Note that the electrical characteristics of PC6 differ from those of the other pins of Port C.

If the RSTDISBL Fuse is unprogrammed, PC6 is used as a Reset input. A low level on this pin for longer than the minimum pulse length will generate a Reset, even if the clock is not running. The minimum pulse length is given in [Table 29-12 on page 324](#). Shorter pulses are not guaranteed to generate a Reset.

The various special features of Port C are elaborated in ["Alternate Functions of Port C" on page 87](#).

1.1.6 Port D (PD7:0)

Port D is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port D output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port D pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port D pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.

The various special features of Port D are elaborated in ["Alternate Functions of Port D"](#) on page 90.

1.1.7 **AV_{CC}**

AV_{CC} is the supply voltage pin for the A/D Converter, PC3:0, and ADC7:6. It should be externally connected to V_{CC}, even if the ADC is not used. If the ADC is used, it should be connected to V_{CC} through a low-pass filter. Note that PC6...4 use digital supply voltage, V_{CC}.

1.1.8 **AREF**

AREF is the analog reference pin for the A/D Converter.

1.1.9 **ADC7:6 (TQFP and QFN/MLF Package Only)**

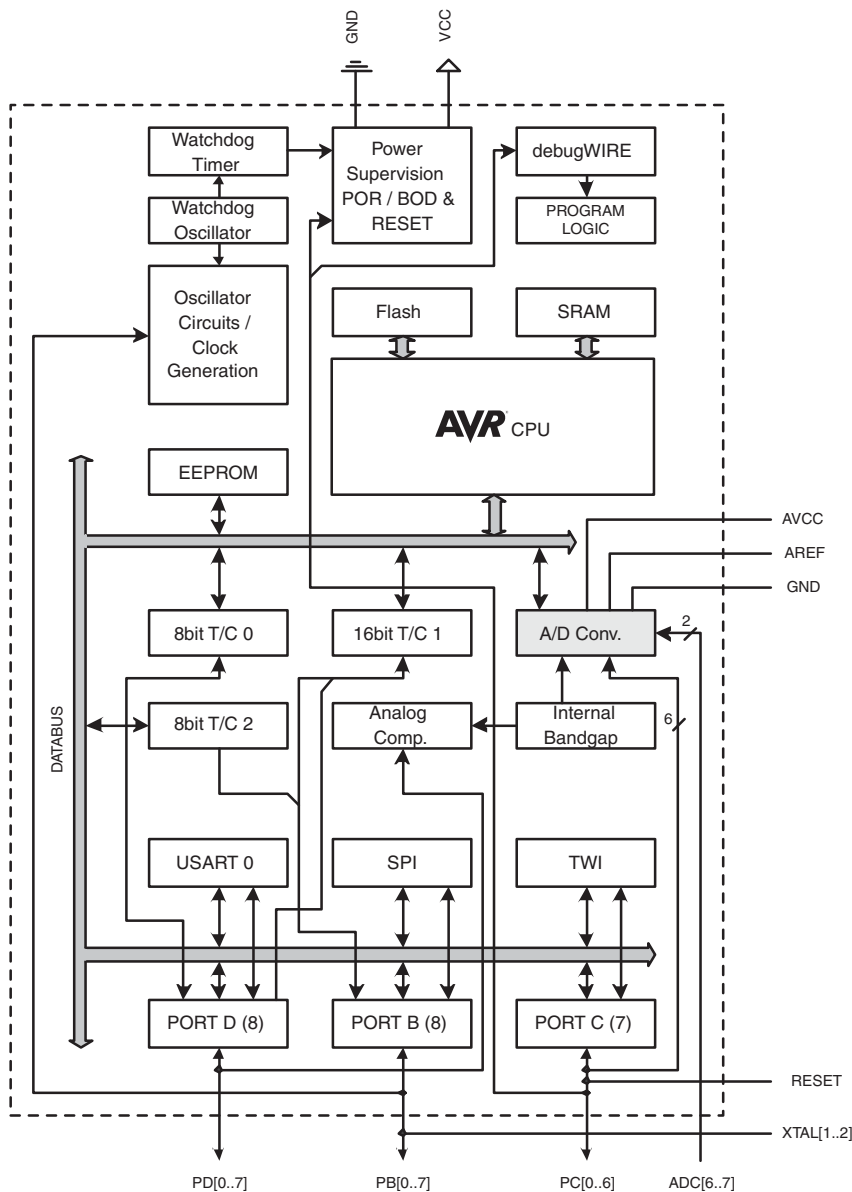
In the TQFP and QFN/MLF package, ADC7:6 serve as analog inputs to the A/D converter. These pins are powered from the analog supply and serve as 10-bit ADC channels.

2. Overview

The ATmega48A/PA/88A/PA/168A/PA/328/P is a low-power CMOS 8-bit microcontroller based on the AVR enhanced RISC architecture. By executing powerful instructions in a single clock cycle, the ATmega48A/PA/88A/PA/168A/PA/328/P achieves throughputs approaching 1 MIPS per MHz allowing the system designer to optimize power consumption versus processing speed.

2.1 Block Diagram

Figure 2-1. Block Diagram



The AVR core combines a rich instruction set with 32 general purpose working registers. All the 32 registers are directly connected to the Arithmetic Logic Unit (ALU), allowing two independent registers to be accessed in one single instruction executed in one clock cycle. The resulting

architecture is more code efficient while achieving throughputs up to ten times faster than conventional CISC microcontrollers.

The ATmega48A/PA/88A/PA/168A/PA/328/P provides the following features: 4K/8Kbytes of In-System Programmable Flash with Read-While-Write capabilities, 256/512/512/1Kbytes EEPROM, 512/1K/1K/2Kbytes SRAM, 23 general purpose I/O lines, 32 general purpose working registers, three flexible Timer/Counters with compare modes, internal and external interrupts, a serial programmable USART, a byte-oriented 2-wire Serial Interface, an SPI serial port, a 6-channel 10-bit ADC (8 channels in TQFP and QFN/MLF packages), a programmable Watchdog Timer with internal Oscillator, and five software selectable power saving modes. The Idle mode stops the CPU while allowing the SRAM, Timer/Counters, USART, 2-wire Serial Interface, SPI port, and interrupt system to continue functioning. The Power-down mode saves the register contents but freezes the Oscillator, disabling all other chip functions until the next interrupt or hardware reset. In Power-save mode, the asynchronous timer continues to run, allowing the user to maintain a timer base while the rest of the device is sleeping. The ADC Noise Reduction mode stops the CPU and all I/O modules except asynchronous timer and ADC, to minimize switching noise during ADC conversions. In Standby mode, the crystal/resonator Oscillator is running while the rest of the device is sleeping. This allows very fast start-up combined with low power consumption.

Atmel® offers the QTouch® library for embedding capacitive touch buttons, sliders and wheels functionality into AVR® microcontrollers. The patented charge-transfer signal acquisition offers robust sensing and includes fully debounced reporting of touch keys and includes Adjacent Key Suppression® (AKS™) technology for unambiguous detection of key events. The easy-to-use QTouch Suite toolchain allows you to explore, develop and debug your own touch applications.

The device is manufactured using Atmel's high density non-volatile memory technology. The On-chip ISP Flash allows the program memory to be reprogrammed In-System through an SPI serial interface, by a conventional non-volatile memory programmer, or by an On-chip Boot program running on the AVR core. The Boot program can use any interface to download the application program in the Application Flash memory. Software in the Boot Flash section will continue to run while the Application Flash section is updated, providing true Read-While-Write operation. By combining an 8-bit RISC CPU with In-System Self-Programmable Flash on a monolithic chip, the Atmel ATmega48A/PA/88A/PA/168A/PA/328/P is a powerful microcontroller that provides a highly flexible and cost effective solution to many embedded control applications.

The ATmega48A/PA/88A/PA/168A/PA/328/P AVR is supported with a full suite of program and system development tools including: C Compilers, Macro Assemblers, Program Debugger/Simulators, In-Circuit Emulators, and Evaluation kits.

2.2 Comparison Between Processors

The ATmega48A/PA/88A/PA/168A/PA/328/P differ only in memory sizes, boot loader support, and interrupt vector sizes. [Table 2-1](#) summarizes the different memory and interrupt vector sizes for the devices.

Table 2-1. Memory Size Summary

Device	Flash	EEPROM	RAM	Interrupt Vector Size
ATmega48A	4KBytes	256Bytes	512Bytes	1 instruction word/vector
ATmega48PA	4KBytes	256Bytes	512Bytes	1 instruction word/vector
ATmega88A	8KBytes	512Bytes	1KBytes	1 instruction word/vector

Table 2-1. Memory Size Summary (Continued)

Device	Flash	EEPROM	RAM	Interrupt Vector Size
ATmega88PA	8KBytes	512Bytes	1KBytes	1 instruction word/vector
ATmega168A	16KBytes	512Bytes	1KBytes	2 instruction words/vector
ATmega168PA	16KBytes	512Bytes	1KBytes	2 instruction words/vector
ATmega328	32KBytes	1KBytes	2KBytes	2 instruction words/vector
ATmega328P	32KBytes	1KBytes	2KBytes	2 instruction words/vector

ATmega48A/PA/88A/PA/168A/PA/328/P support a real Read-While-Write Self-Programming mechanism. There is a separate Boot Loader Section, and the SPM instruction can only execute from there. In ATmega 48A/48PA there is no Read-While-Write support and no separate Boot Loader Section. The SPM instruction can execute from the entire Flash.

3. Resources

A comprehensive set of development tools, application notes and datasheets are available for download on <http://www.atmel.com/avr>.

4. Data Retention

Reliability Qualification results show that the projected data retention failure rate is much less than 1 PPM over 20 years at 85°C or 100 years at 25°C.

5. About Code Examples

This documentation contains simple code examples that briefly show how to use various parts of the device. These code examples assume that the part specific header file is included before compilation. Be aware that not all C compiler vendors include bit definitions in the header files and interrupt handling in C is compiler dependent. Please confirm with the C compiler documentation for more details.

For I/O Registers located in extended I/O map, “IN”, “OUT”, “SBIS”, “SBIC”, “CBI”, and “SBI” instructions must be replaced with instructions that allow access to extended I/O. Typically “LDS” and “STS” combined with “SBRS”, “SBRC”, “SBR”, and “CBR”.

6. Capacitive Touch Sensing

The Atmel® QTouch® Library provides a simple to use solution to realize touch sensitive interfaces on most Atmel AVR® microcontrollers. The QTouch Library includes support for the Atmel QTouch and Atmel QMatrix® acquisition methods.

Touch sensing can be added to any application by linking the appropriate Atmel QTouch Library for the AVR Microcontroller. This is done by using a simple set of APIs to define the touch channels and sensors, and then calling the touch sensing API's to retrieve the channel information and determine the touch sensor states.

The QTouch Library is FREE and downloadable from the Atmel website at the following location: www.atmel.com/qtouchlibrary. For implementation details and other information, refer to the [Atmel QTouch Library User Guide](#) - also available for download from Atmel website.

7. Register Summary

Address	Name	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Page
(0xFF)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0xFE)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0xFD)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0xFC)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0xFB)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0xFA)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0xF9)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0xF8)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0xF7)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0xF6)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0xF5)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0xF4)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0xF3)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0xF2)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0xF1)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0xF0)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0xEF)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0xEE)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0xED)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0xEC)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0xEB)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0xEA)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0xE9)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0xE8)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0xE7)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0xE6)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0xE5)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0xE4)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0xE3)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0xE2)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0xE1)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0xE0)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0xDF)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0xDE)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0xDD)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0xDC)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0xDB)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0xDA)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0xD9)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0xD8)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0xD7)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0xD6)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0xD5)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0xD4)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0xD3)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0xD2)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0xD1)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0xD0)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0xCF)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0xCE)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0xCD)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0xCC)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0xCB)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0xCA)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0xC9)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0xC8)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0xC7)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0xC6)	UDR0	USART I/O Data Register								201
(0xC5)	UBRR0H	USART Baud Rate Register High								205
(0xC4)	UBRR0L	USART Baud Rate Register Low								205
(0xC3)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0xC2)	UCSR0C	UMSEL01	UMSEL00	UPM01	UPM00	USBS0	UCSZ01 / UDORD0	UCSZ00 / UCPHA0	UCPOL0	203/214
(0xC1)	UCSR0B	RXCIE0	TXCIE0	UDRIE0	RXEN0	TXEN0	UCSZ02	RXB80	TXB80	202
(0xC0)	UCSR0A	RXC0	TXC0	UDRE0	FE0	DOR0	UPE0	U2X0	MPCM0	201



ATmega48A/PA/88A/PA/168A/PA/328/P

Address	Name	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Page	
(0xBF)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–		
(0xBE)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–		
(0xBD)	TWAMR	TWAM6	TWAM5	TWAM4	TWAM3	TWAM2	TWAM1	TWAM0	–	246	
(0xBC)	TWCR	TWINT	TWEA	TWSTA	TWSTO	TWWC	TWEN	–	TWIE	243	
(0xBB)	TWDR	2-wire Serial Interface Data Register									245
(0xBA)	TWAR	TWA6	TWA5	TWA4	TWA3	TWA2	TWA1	TWA0	TWGCE	246	
(0xB9)	TWSR	TWS7	TWS6	TWS5	TWS4	TWS3	–	TWPS1	TWPS0	245	
(0xB8)	TWBR	2-wire Serial Interface Bit Rate Register									243
(0xB7)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–		
(0xB6)	ASSR	–	EXCLK	AS2	TCN2UB	OCR2AUB	OCR2BUB	TCR2AUB	TCR2BUB	166	
(0xB5)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–		
(0xB4)	OCR2B	Timer/Counter2 Output Compare Register B									164
(0xB3)	OCR2A	Timer/Counter2 Output Compare Register A									164
(0xB2)	TCNT2	Timer/Counter2 (8-bit)									164
(0xB1)	TCCR2B	FOC2A	FOC2B	–	–	WGM22	CS22	CS21	CS20	163	
(0xB0)	TCCR2A	COM2A1	COM2A0	COM2B1	COM2B0	–	–	WGM21	WGM20	160	
(0xAF)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–		
(0xAE)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–		
(0xAD)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–		
(0xAC)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–		
(0xAB)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–		
(0xAA)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–		
(0xA9)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–		
(0xA8)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–		
(0xA7)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–		
(0xA6)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–		
(0xA5)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–		
(0xA4)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–		
(0xA3)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–		
(0xA2)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–		
(0xA1)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–		
(0xA0)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–		
(0x9F)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–		
(0x9E)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–		
(0x9D)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–		
(0x9C)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–		
(0x9B)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–		
(0x9A)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–		
(0x99)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–		
(0x98)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–		
(0x97)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–		
(0x96)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–		
(0x95)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–		
(0x94)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–		
(0x93)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–		
(0x92)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–		
(0x91)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–		
(0x90)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–		
(0x8F)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–		
(0x8E)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–		
(0x8D)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–		
(0x8C)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–		
(0x8B)	OCR1BH	Timer/Counter1 - Output Compare Register B High Byte									140
(0x8A)	OCR1BL	Timer/Counter1 - Output Compare Register B Low Byte									140
(0x89)	OCR1AH	Timer/Counter1 - Output Compare Register A High Byte									140
(0x88)	OCR1AL	Timer/Counter1 - Output Compare Register A Low Byte									140
(0x87)	ICR1H	Timer/Counter1 - Input Capture Register High Byte									140
(0x86)	ICR1L	Timer/Counter1 - Input Capture Register Low Byte									140
(0x85)	TCNT1H	Timer/Counter1 - Counter Register High Byte									140
(0x84)	TCNT1L	Timer/Counter1 - Counter Register Low Byte									140
(0x83)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–		
(0x82)	TCCR1C	FOC1A	FOC1B	–	–	–	–	–	–	139	
(0x81)	TCCR1B	ICNC1	ICES1	–	WGM13	WGM12	CS12	CS11	CS10	138	
(0x80)	TCCR1A	COM1A1	COM1A0	COM1B1	COM1B0	–	–	WGM11	WGM10	136	
(0x7F)	DIDR1	–	–	–	–	–	–	AIN1D	AIN0D	251	
(0x7E)	DIDR0	–	–	ADC5D	ADC4D	ADC3D	ADC2D	ADC1D	ADC0D	268	



ATmega48A/PA/88A/PA/168A/PA/328/P

Address	Name	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Page
(0x7D)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0x7C)	ADMUX	REFS1	REFS0	ADLAR	–	MUX3	MUX2	MUX1	MUX0	264
(0x7B)	ADCSRB	–	ACME	–	–	–	ADTS2	ADTS1	ADTS0	267
(0x7A)	ADCSRA	ADEN	ADSC	ADATE	ADIF	ADIE	ADPS2	ADPS1	ADPS0	265
(0x79)	ADCH	ADC Data Register High byte								267
(0x78)	ADCL	ADC Data Register Low byte								267
(0x77)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0x76)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0x75)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0x74)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0x73)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0x72)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0x71)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0x70)	TIMSK2	–	–	–	–	–	OCIE2B	OCIE2A	TOIE2	165
(0x6F)	TIMSK1	–	–	ICIE1	–	–	OCIE1B	OCIE1A	TOIE1	141
(0x6E)	TIMSK0	–	–	–	–	–	OCIE0B	OCIE0A	TOIE0	113
(0x6D)	PCMSK2	PCINT23	PCINT22	PCINT21	PCINT20	PCINT19	PCINT18	PCINT17	PCINT16	76
(0x6C)	PCMSK1	–	PCINT14	PCINT13	PCINT12	PCINT11	PCINT10	PCINT9	PCINT8	76
(0x6B)	PCMSK0	PCINT7	PCINT6	PCINT5	PCINT4	PCINT3	PCINT2	PCINT1	PCINT0	76
(0x6A)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0x69)	EICRA	–	–	–	–	ISC11	ISC10	ISC01	ISC00	73
(0x68)	PCICR	–	–	–	–	–	PCIE2	PCIE1	PCIE0	
(0x67)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0x66)	OSCCAL	Oscillator Calibration Register								38
(0x65)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0x64)	PRR	PRTWI	PRTIM2	PRTIM0	–	PRTIM1	PRSPI	PRUSART0	PRADC	43
(0x63)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0x62)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0x61)	CLKPR	CLKPCE	–	–	–	CLKPS3	CLKPS2	CLKPS1	CLKPS0	38
(0x60)	WDTCSR	WDIF	WDIE	WDP3	WDCE	WDE	WDP2	WDP1	WDP0	56
0x3F (0x5F)	SREG	I	T	H	S	V	N	Z	C	10
0x3E (0x5E)	SPH	–	–	–	–	–	(SP10) ⁵	SP9	SP8	13
0x3D (0x5D)	SPL	SP7	SP6	SP5	SP4	SP3	SP2	SP1	SP0	13
0x3C (0x5C)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
0x3B (0x5B)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
0x3A (0x5A)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
0x39 (0x59)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
0x38 (0x58)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
0x37 (0x57)	SPMCSR	SPMIE	(RWWSB) ⁵	–	(RWWRE) ⁵	BLBSET	PGWRT	PGERS	SELFPRGEN	295
0x36 (0x56)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
0x35 (0x55)	MCUCR	–	BODS ⁽⁶⁾	BODSE ⁽⁶⁾	PUD	–	–	IVSEL	IVCE	46/70/94
0x34 (0x54)	MCUSR	–	–	–	–	WDRF	BORF	EXTRF	PORF	56
0x33 (0x53)	SMCR	–	–	–	–	SM2	SM1	SM0	SE	41
0x32 (0x52)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
0x31 (0x51)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
0x30 (0x50)	ACSR	ACD	ACBG	ACO	ACI	ACIE	ACIC	ACIS1	ACIS0	249
0x2F (0x4F)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
0x2E (0x4E)	SPDR	SPI Data Register								177
0x2D (0x4D)	SPSR	SPIF	WCOL	–	–	–	–	–	SPI2X	176
0x2C (0x4C)	SPCR	SPIE	SPE	DORD	MSTR	CPOL	CPHA	SPR1	SPR0	175
0x2B (0x4B)	GPOR2	General Purpose I/O Register 2								26
0x2A (0x4A)	GPOR1	General Purpose I/O Register 1								26
0x29 (0x49)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
0x28 (0x48)	OCR0B	Timer/Counter0 Output Compare Register B								
0x27 (0x47)	OCR0A	Timer/Counter0 Output Compare Register A								
0x26 (0x46)	TCNT0	Timer/Counter0 (8-bit)								
0x25 (0x45)	TCCR0B	FOC0A	FOC0B	–	–	WGM02	CS02	CS01	CS00	
0x24 (0x44)	TCCR0A	COM0A1	COM0A0	COM0B1	COM0B0	–	–	WGM01	WGM00	
0x23 (0x43)	GTCCR	TSM	–	–	–	–	–	PSRASY	PSRSYNC	145/167
0x22 (0x42)	EEARH	(EEPROM Address Register High Byte) ⁵								22
0x21 (0x41)	EEARL	EEPROM Address Register Low Byte								22
0x20 (0x40)	EEDR	EEPROM Data Register								22
0x1F (0x3F)	EEDCR	–	–	EEDM1	EEDM0	EERIE	EEMPE	EEPE	EERE	22
0x1E (0x3E)	GPOR0	General Purpose I/O Register 0								26
0x1D (0x3D)	EIMSK	–	–	–	–	–	–	INT1	INT0	74
0x1C (0x3C)	EIFR	–	–	–	–	–	–	INTF1	INTF0	74



Address	Name	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Page
0x1B (0x3B)	PCIFR	–	–	–	–	–	PCIF2	PCIF1	PCIF0	
0x1A (0x3A)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
0x19 (0x39)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
0x18 (0x38)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
0x17 (0x37)	TIFR2	–	–	–	–	–	OCF2B	OCF2A	TOV2	165
0x16 (0x36)	TIFR1	–	–	ICF1	–	–	OCF1B	OCF1A	TOV1	141
0x15 (0x35)	TIFR0	–	–	–	–	–	OCF0B	OCF0A	TOV0	
0x14 (0x34)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
0x13 (0x33)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
0x12 (0x32)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
0x11 (0x31)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
0x10 (0x30)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
0x0F (0x2F)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
0x0E (0x2E)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
0x0D (0x2D)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
0x0C (0x2C)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
0x0B (0x2B)	PORTD	PORTD7	PORTD6	PORTD5	PORTD4	PORTD3	PORTD2	PORTD1	PORTD0	95
0x0A (0x2A)	DDRD	DDD7	DDD6	DDD5	DDD4	DDD3	DDD2	DDD1	DDD0	95
0x09 (0x29)	PIND	PIND7	PIND6	PIND5	PIND4	PIND3	PIND2	PIND1	PIND0	95
0x08 (0x28)	PORTC	–	PORTC6	PORTC5	PORTC4	PORTC3	PORTC2	PORTC1	PORTC0	94
0x07 (0x27)	DDRC	–	DDC6	DDC5	DDC4	DDC3	DDC2	DDC1	DDC0	94
0x06 (0x26)	PINC	–	PINC6	PINC5	PINC4	PINC3	PINC2	PINC1	PINC0	94
0x05 (0x25)	PORTB	PORTB7	PORTB6	PORTB5	PORTB4	PORTB3	PORTB2	PORTB1	PORTB0	94
0x04 (0x24)	DDRB	DDB7	DDB6	DDB5	DDB4	DDB3	DDB2	DDB1	DDB0	94
0x03 (0x23)	PINB	PINB7	PINB6	PINB5	PINB4	PINB3	PINB2	PINB1	PINB0	94
0x02 (0x22)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
0x01 (0x21)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
0x0 (0x20)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	

- Note:
- For compatibility with future devices, reserved bits should be written to zero if accessed. Reserved I/O memory addresses should never be written.
 - I/O Registers within the address range 0x00 - 0x1F are directly bit-accessible using the SBI and CBI instructions. In these registers, the value of single bits can be checked by using the SBIS and SBIC instructions.
 - Some of the Status Flags are cleared by writing a logical one to them. Note that, unlike most other AVRs, the CBI and SBI instructions will only operate on the specified bit, and can therefore be used on registers containing such Status Flags. The CBI and SBI instructions work with registers 0x00 to 0x1F only.
 - When using the I/O specific commands IN and OUT, the I/O addresses 0x00 - 0x3F must be used. When addressing I/O Registers as data space using LD and ST instructions, 0x20 must be added to these addresses. The ATmega48A/PA/88A/PA/168A/PA/328/P is a complex microcontroller with more peripheral units than can be supported within the 64 location reserved in Opcode for the IN and OUT instructions. For the Extended I/O space from 0x60 - 0xFF in SRAM, only the ST/STS/STD and LD/LDS/LDD instructions can be used.
 - Only valid for ATmega88A/88PA/168A/168PA/328/328P.
 - BODS and BODSE only available for picoPower devices ATmega48PA/88PA/168PA/328P



8. Instruction Set Summary

Mnemonics	Operands	Description	Operation	Flags	#Clocks
ARITHMETIC AND LOGIC INSTRUCTIONS					
ADD	Rd, Rr	Add two Registers	$Rd \leftarrow Rd + Rr$	Z,C,N,V,H	1
ADC	Rd, Rr	Add with Carry two Registers	$Rd \leftarrow Rd + Rr + C$	Z,C,N,V,H	1
ADIW	RdI,K	Add Immediate to Word	$Rdh:Rdl \leftarrow Rdh:Rdl + K$	Z,C,N,V,S	2
SUB	Rd, Rr	Subtract two Registers	$Rd \leftarrow Rd - Rr$	Z,C,N,V,H	1
SUBI	Rd, K	Subtract Constant from Register	$Rd \leftarrow Rd - K$	Z,C,N,V,H	1
SBC	Rd, Rr	Subtract with Carry two Registers	$Rd \leftarrow Rd - Rr - C$	Z,C,N,V,H	1
SBCI	Rd, K	Subtract with Carry Constant from Reg.	$Rd \leftarrow Rd - K - C$	Z,C,N,V,H	1
SBIW	RdI,K	Subtract Immediate from Word	$Rdh:Rdl \leftarrow Rdh:Rdl - K$	Z,C,N,V,S	2
AND	Rd, Rr	Logical AND Registers	$Rd \leftarrow Rd \bullet Rr$	Z,N,V	1
ANDI	Rd, K	Logical AND Register and Constant	$Rd \leftarrow Rd \bullet K$	Z,N,V	1
OR	Rd, Rr	Logical OR Registers	$Rd \leftarrow Rd \vee Rr$	Z,N,V	1
ORI	Rd, K	Logical OR Register and Constant	$Rd \leftarrow Rd \vee K$	Z,N,V	1
EOR	Rd, Rr	Exclusive OR Registers	$Rd \leftarrow Rd \oplus Rr$	Z,N,V	1
COM	Rd	One's Complement	$Rd \leftarrow 0xFF - Rd$	Z,C,N,V	1
NEG	Rd	Two's Complement	$Rd \leftarrow 0x00 - Rd$	Z,C,N,V,H	1
SBR	Rd,K	Set Bit(s) in Register	$Rd \leftarrow Rd \vee K$	Z,N,V	1
CBR	Rd,K	Clear Bit(s) in Register	$Rd \leftarrow Rd \bullet (0xFF - K)$	Z,N,V	1
INC	Rd	Increment	$Rd \leftarrow Rd + 1$	Z,N,V	1
DEC	Rd	Decrement	$Rd \leftarrow Rd - 1$	Z,N,V	1
TST	Rd	Test for Zero or Minus	$Rd \leftarrow Rd \bullet Rd$	Z,N,V	1
CLR	Rd	Clear Register	$Rd \leftarrow Rd \oplus Rd$	Z,N,V	1
SER	Rd	Set Register	$Rd \leftarrow 0xFF$	None	1
MUL	Rd, Rr	Multiply Unsigned	$R1:R0 \leftarrow Rd \times Rr$	Z,C	2
MULS	Rd, Rr	Multiply Signed	$R1:R0 \leftarrow Rd \times Rr$	Z,C	2
MULSU	Rd, Rr	Multiply Signed with Unsigned	$R1:R0 \leftarrow Rd \times Rr$	Z,C	2
FMUL	Rd, Rr	Fractional Multiply Unsigned	$R1:R0 \leftarrow (Rd \times Rr) \lll 1$	Z,C	2
FMULS	Rd, Rr	Fractional Multiply Signed	$R1:R0 \leftarrow (Rd \times Rr) \lll 1$	Z,C	2
FMULSU	Rd, Rr	Fractional Multiply Signed with Unsigned	$R1:R0 \leftarrow (Rd \times Rr) \lll 1$	Z,C	2
BRANCH INSTRUCTIONS					
RJMP	k	Relative Jump	$PC \leftarrow PC + k + 1$	None	2
IJMP		Indirect Jump to (Z)	$PC \leftarrow Z$	None	2
JMP ⁽¹⁾	k	Direct Jump	$PC \leftarrow k$	None	3
RCALL	k	Relative Subroutine Call	$PC \leftarrow PC + k + 1$	None	3
ICALL		Indirect Call to (Z)	$PC \leftarrow Z$	None	3
CALL ⁽¹⁾	k	Direct Subroutine Call	$PC \leftarrow k$	None	4
RET		Subroutine Return	$PC \leftarrow STACK$	None	4
RETI		Interrupt Return	$PC \leftarrow STACK$	I	4
CPSE	Rd,Rr	Compare, Skip if Equal	if $(Rd = Rr)$ $PC \leftarrow PC + 2$ or 3	None	1/2/3
CP	Rd,Rr	Compare	$Rd - Rr$	Z, N, V, C, H	1
CPC	Rd,Rr	Compare with Carry	$Rd - Rr - C$	Z, N, V, C, H	1
CPI	Rd,K	Compare Register with Immediate	$Rd - K$	Z, N, V, C, H	1
SBRC	Rr, b	Skip if Bit in Register Cleared	if $(Rr(b)=0)$ $PC \leftarrow PC + 2$ or 3	None	1/2/3
SBRS	Rr, b	Skip if Bit in Register is Set	if $(Rr(b)=1)$ $PC \leftarrow PC + 2$ or 3	None	1/2/3
SBIC	P, b	Skip if Bit in I/O Register Cleared	if $(P(b)=0)$ $PC \leftarrow PC + 2$ or 3	None	1/2/3
SBIS	P, b	Skip if Bit in I/O Register is Set	if $(P(b)=1)$ $PC \leftarrow PC + 2$ or 3	None	1/2/3
BRBS	s, k	Branch if Status Flag Set	if $(SREG(s) = 1)$ then $PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
BRBC	s, k	Branch if Status Flag Cleared	if $(SREG(s) = 0)$ then $PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
BREQ	k	Branch if Equal	if $(Z = 1)$ then $PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
BRNE	k	Branch if Not Equal	if $(Z = 0)$ then $PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
BRCS	k	Branch if Carry Set	if $(C = 1)$ then $PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
BRCC	k	Branch if Carry Cleared	if $(C = 0)$ then $PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
BRSH	k	Branch if Same or Higher	if $(C = 0)$ then $PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
BRLO	k	Branch if Lower	if $(C = 1)$ then $PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
BRMI	k	Branch if Minus	if $(N = 1)$ then $PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
BRPL	k	Branch if Plus	if $(N = 0)$ then $PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
BRGE	k	Branch if Greater or Equal, Signed	if $(N \oplus V = 0)$ then $PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
BRLT	k	Branch if Less Than Zero, Signed	if $(N \oplus V = 1)$ then $PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
BRHS	k	Branch if Half Carry Flag Set	if $(H = 1)$ then $PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
BRHC	k	Branch if Half Carry Flag Cleared	if $(H = 0)$ then $PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
BRTS	k	Branch if T Flag Set	if $(T = 1)$ then $PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
BRTC	k	Branch if T Flag Cleared	if $(T = 0)$ then $PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
BRVS	k	Branch if Overflow Flag is Set	if $(V = 1)$ then $PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
BRVC	k	Branch if Overflow Flag is Cleared	if $(V = 0)$ then $PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2

ATmega48A/PA/88A/PA/168A/PA/328/P

Mnemonics	Operands	Description	Operation	Flags	#Clocks
BRIE	k	Branch if Interrupt Enabled	if (I = 1) then PC ← PC + k + 1	None	1/2
BRID	k	Branch if Interrupt Disabled	if (I = 0) then PC ← PC + k + 1	None	1/2
BIT AND BIT-TEST INSTRUCTIONS					
SBI	P,b	Set Bit in I/O Register	I/O(P,b) ← 1	None	2
CBI	P,b	Clear Bit in I/O Register	I/O(P,b) ← 0	None	2
LSL	Rd	Logical Shift Left	Rd(n+1) ← Rd(n), Rd(0) ← 0	Z,C,N,V	1
LSR	Rd	Logical Shift Right	Rd(n) ← Rd(n+1), Rd(7) ← 0	Z,C,N,V	1
ROL	Rd	Rotate Left Through Carry	Rd(0) ← C, Rd(n+1) ← Rd(n), C ← Rd(7)	Z,C,N,V	1
ROR	Rd	Rotate Right Through Carry	Rd(7) ← C, Rd(n) ← Rd(n+1), C ← Rd(0)	Z,C,N,V	1
ASR	Rd	Arithmetic Shift Right	Rd(n) ← Rd(n+1), n=0..6	Z,C,N,V	1
SWAP	Rd	Swap Nibbles	Rd(3..0) ← Rd(7..4), Rd(7..4) ← Rd(3..0)	None	1
BSET	s	Flag Set	SREG(s) ← 1	SREG(s)	1
BCLR	s	Flag Clear	SREG(s) ← 0	SREG(s)	1
BST	Rr, b	Bit Store from Register to T	T ← Rr(b)	T	1
BLD	Rd, b	Bit load from T to Register	Rd(b) ← T	None	1
SEC		Set Carry	C ← 1	C	1
CLC		Clear Carry	C ← 0	C	1
SEN		Set Negative Flag	N ← 1	N	1
CLN		Clear Negative Flag	N ← 0	N	1
SEZ		Set Zero Flag	Z ← 1	Z	1
CLZ		Clear Zero Flag	Z ← 0	Z	1
SEI		Global Interrupt Enable	I ← 1	I	1
CLI		Global Interrupt Disable	I ← 0	I	1
SES		Set Signed Test Flag	S ← 1	S	1
CLS		Clear Signed Test Flag	S ← 0	S	1
SEV		Set Twos Complement Overflow.	V ← 1	V	1
CLV		Clear Twos Complement Overflow	V ← 0	V	1
SET		Set T in SREG	T ← 1	T	1
CLT		Clear T in SREG	T ← 0	T	1
SEH		Set Half Carry Flag in SREG	H ← 1	H	1
CLH		Clear Half Carry Flag in SREG	H ← 0	H	1
DATA TRANSFER INSTRUCTIONS					
MOV	Rd, Rr	Move Between Registers	Rd ← Rr	None	1
MOVW	Rd, Rr	Copy Register Word	Rd+1:Rd ← Rr+1:Rr	None	1
LDI	Rd, K	Load Immediate	Rd ← K	None	1
LD	Rd, X	Load Indirect	Rd ← (X)	None	2
LD	Rd, X+	Load Indirect and Post-Inc.	Rd ← (X), X ← X + 1	None	2
LD	Rd, -X	Load Indirect and Pre-Dec.	X ← X - 1, Rd ← (X)	None	2
LD	Rd, Y	Load Indirect	Rd ← (Y)	None	2
LD	Rd, Y+	Load Indirect and Post-Inc.	Rd ← (Y), Y ← Y + 1	None	2
LD	Rd, -Y	Load Indirect and Pre-Dec.	Y ← Y - 1, Rd ← (Y)	None	2
LDD	Rd, Y+q	Load Indirect with Displacement	Rd ← (Y + q)	None	2
LD	Rd, Z	Load Indirect	Rd ← (Z)	None	2
LD	Rd, Z+	Load Indirect and Post-Inc.	Rd ← (Z), Z ← Z+1	None	2
LD	Rd, -Z	Load Indirect and Pre-Dec.	Z ← Z - 1, Rd ← (Z)	None	2
LDD	Rd, Z+q	Load Indirect with Displacement	Rd ← (Z + q)	None	2
LDS	Rd, k	Load Direct from SRAM	Rd ← (k)	None	2
ST	X, Rr	Store Indirect	(X) ← Rr	None	2
ST	X+, Rr	Store Indirect and Post-Inc.	(X) ← Rr, X ← X + 1	None	2
ST	-X, Rr	Store Indirect and Pre-Dec.	X ← X - 1, (X) ← Rr	None	2
ST	Y, Rr	Store Indirect	(Y) ← Rr	None	2
ST	Y+, Rr	Store Indirect and Post-Inc.	(Y) ← Rr, Y ← Y + 1	None	2
ST	-Y, Rr	Store Indirect and Pre-Dec.	Y ← Y - 1, (Y) ← Rr	None	2
STD	Y+q, Rr	Store Indirect with Displacement	(Y + q) ← Rr	None	2
ST	Z, Rr	Store Indirect	(Z) ← Rr	None	2
ST	Z+, Rr	Store Indirect and Post-Inc.	(Z) ← Rr, Z ← Z + 1	None	2
ST	-Z, Rr	Store Indirect and Pre-Dec.	Z ← Z - 1, (Z) ← Rr	None	2
STD	Z+q, Rr	Store Indirect with Displacement	(Z + q) ← Rr	None	2
STS	k, Rr	Store Direct to SRAM	(k) ← Rr	None	2
LPM		Load Program Memory	R0 ← (Z)	None	3
LPM	Rd, Z	Load Program Memory	Rd ← (Z)	None	3
LPM	Rd, Z+	Load Program Memory and Post-Inc	Rd ← (Z), Z ← Z+1	None	3
SPM		Store Program Memory	(Z) ← R1:R0	None	-
IN	Rd, P	In Port	Rd ← P	None	1
OUT	P, Rr	Out Port	P ← Rr	None	1
PUSH	Rr	Push Register on Stack	STACK ← Rr	None	2



Mnemonics	Operands	Description	Operation	Flags	#Clocks
POP	Rd	Pop Register from Stack	Rd ← STACK	None	2
MCU CONTROL INSTRUCTIONS					
NOP		No Operation		None	1
SLEEP		Sleep	(see specific descr. for Sleep function)	None	1
WDR		Watchdog Reset	(see specific descr. for WDR/timer)	None	1
BREAK		Break	For On-chip Debug Only	None	N/A

Note: 1. These instructions are only available in ATmega168PA and ATmega328P.

9. Ordering Information

9.1 ATmega48A

Speed (MHz)	Power Supply (V)	Ordering Code ⁽²⁾	Package ⁽¹⁾	Operational Range
20 ⁽³⁾	1.8 - 5.5	ATmega48A-AU ATmega48A-AUR ⁽⁵⁾ ATmega48A-CCU ATmega48A-CCUR ⁽⁵⁾ ATmega48A-MMH ⁽⁴⁾ ATmega48A-MMHR ⁽⁴⁾⁽⁵⁾ ATmega48A-MU ATmega48A-MUR ⁽⁵⁾ ATmega48A-PU	32A 32A 32CC1 32CC1 28M1 28M1 32M1-A 32M1-A 28P3	Industrial (-40°C to 85°C)

- Note:
1. This device can also be supplied in wafer form. Please contact your local Atmel sales office for detailed ordering information and minimum quantities.
 2. Pb-free packaging complies to the European Directive for Restriction of Hazardous Substances (RoHS directive). Also Halide free and fully Green.
 3. See "[Speed Grades](#)" on page 322.
 4. NiPdAu Lead Finish.
 5. Tape & Reel.

Package Type	
32A	32-lead, Thin (1.0 mm) Plastic Quad Flat Package (TQFP)
32CC1	32-ball, 4 x 4 x 0.6 mm package, ball pitch 0.5 mm, Ultra Thin, Fine-Pitch Ball Grill Array (UFBGA)
28M1	28-pad, 4 x 4 x 1.0 body, Lead Pitch 0.45 mm Quad Flat No-Lead/Micro Lead Frame Package (QFN/MLF)
32M1-A	32-pad, 5 x 5 x 1.0 body, Lead Pitch 0.50 mm Quad Flat No-Lead/Micro Lead Frame Package (QFN/MLF)
28P3	28-lead, 0.300" Wide, Plastic Dual Inline Package (PDIP)

9.2 ATmega48PA

Speed (MHz) ⁽³⁾	Power Supply	Ordering Code ⁽²⁾	Package ⁽¹⁾	Operational Range
20	1.8 - 5.5	ATmega48PA-AU	32A	Industrial (-40°C to 85°C)
		ATmega48PA-AUR ⁽⁵⁾	32A	
		ATmega48PA-CCU	32CC1	
		ATmega48PA-CCUR ⁽⁵⁾	32CC1	
		ATmega48PA-MMH ⁽⁴⁾	28M1	
		ATmega48PA-MMHR ⁽⁴⁾⁽⁵⁾	28M1	
		ATmega48PA-MU	32M1-A	
		ATmega48PA-MUR ⁽⁵⁾	32M1-A	
		ATmega48PA-PU	28P3	Industrial (-40°C to 105°C)
		ATmega48PA-AN	32A	
		ATmega48PA-ANR ⁽⁴⁾	32A	
		ATmega48PA-MMN	28M1	
		ATmega48PA-MMNR ⁽⁴⁾	28M1	
		ATmega48PA-MN	32M1-A	
ATmega48PA-MNR ⁽⁴⁾	32M1-A			
ATmega48PA-PN	28P3			

- Note:
1. This device can also be supplied in wafer form. Please contact your local Atmel sales office for detailed ordering information and minimum quantities.
 2. Pb-free packaging complies to the European Directive for Restriction of Hazardous Substances (RoHS directive). Also Halide free and fully Green.
 3. See ["Speed Grades" on page 322](#).
 4. NiPdAu Lead Finish.
 5. Tape & Reel.

Package Type	
32A	32-lead, Thin (1.0mm) Plastic Quad Flat Package (TQFP)
32CC1	32-ball, 4 x 4 x 0.6mm package, ball pitch 0.5mm, Ultra Thin, Fine-Pitch Ball Grill Array (UFBGA)
28M1	28-pad, 4 x 4 x 1.0 body, Lead Pitch 0.45mm Quad Flat No-Lead/Micro Lead Frame Package (QFN/MLF)
32M1-A	32-pad, 5 x 5 x 1.0 body, Lead Pitch 0.50mm Quad Flat No-Lead/Micro Lead Frame Package (QFN/MLF)
28P3	28-lead, 0.300" Wide, Plastic Dual Inline Package (PDIP)



9.3 ATmega88A

Speed (MHz)	Power Supply (V)	Ordering Code ⁽²⁾	Package ⁽¹⁾	Operational Range
20 ⁽³⁾	1.8 - 5.5	ATmega88A-AU ATmega88A-AUR ⁽⁵⁾ ATmega88A-CCU ATmega88A-CCUR ⁽⁵⁾ ATmega88A-MMH ⁽⁴⁾ ATmega88A-MMHR ⁽⁴⁾⁽⁵⁾ ATmega88A-MU ATmega88A-MUR ⁽⁵⁾ ATmega88A-PU	32A 32A 32CC1 32CC1 28M1 28M1 32M1-A 32M1-A 28P3	Industrial (-40°C to 85°C)

- Note:
1. This device can also be supplied in wafer form. Please contact your local Atmel sales office for detailed ordering information and minimum quantities.
 2. Pb-free packaging complies to the European Directive for Restriction of Hazardous Substances (RoHS directive). Also Halide free and fully Green.
 3. See "[Speed Grades](#)" on page 322.
 4. NiPdAu Lead Finish.
 5. Tape & Reel.

Package Type	
32A	32-lead, Thin (1.0mm) Plastic Quad Flat Package (TQFP)
32CC1	32-ball, 4 x 4 x 0.6mm package, ball pitch 0.5mm, Ultra Thin, Fine-Pitch Ball Grill Array (UFBGA)
28M1	28-pad, 4 x 4 x 1.0 body, Lead Pitch 0.45mm Quad Flat No-Lead/Micro Lead Frame Package (QFN/MLF)
32M1-A	32-pad, 5 x 5 x 1.0 body, Lead Pitch 0.50mm Quad Flat No-Lead/Micro Lead Frame Package (QFN/MLF)
28P3	28-lead, 0.300" Wide, Plastic Dual Inline Package (PDIP)

9.4 ATmega88PA

Speed (MHz) ⁽³⁾	Power Supply (V)	Ordering Code ⁽²⁾	Package ⁽¹⁾	Operational Range
20	1.8 - 5.5	ATmega88PA-AU	32A	Industrial (-40°C to 85°C)
		ATmega88PA-AUR ⁽⁵⁾	32A	
		ATmega88PA-CCU	32CC1	
		ATmega88PA-CCUR ⁽⁵⁾	32CC1	
		ATmega88PA-MMH ⁽⁴⁾	28M1	
		ATmega88PA-MMHR ⁽⁴⁾⁽⁵⁾	28M1	
		ATmega88PA-MU	32M1-A	
		ATmega88PA-MUR ⁽⁵⁾	32M1-A	
		ATmega88PA-PU	28P3	Industrial (-40°C to 105°C)
		ATmega88PA-AN	32A	
		ATmega88PA-ANR ⁽⁵⁾	32A	
		ATmega88PA-MMN	28M1	
		ATmega88PA-MMNR ⁽⁵⁾	28M1	
		ATmega88PA-MN	32M1-A	
ATmega88PA-MNR ⁽⁵⁾	32M1-A			
ATmega88PA-PN	28P3			

- Note:
1. This device can also be supplied in wafer form. Please contact your local Atmel sales office for detailed ordering information and minimum quantities.
 2. Pb-free packaging complies to the European Directive for Restriction of Hazardous Substances (RoHS directive). Also Halide free and fully Green.
 3. See "[Speed Grades](#)" on page 322.
 4. NiPdAu Lead Finish.
 5. Tape & Reel.

Package Type	
32A	32-lead, Thin (1.0mm) Plastic Quad Flat Package (TQFP)
32CC1	32-ball, 4 x 4 x 0.6mm package, ball pitch 0.5 mm, Ultra Thin, Fine-Pitch Ball Grill Array (UFBGA)
28M1	28-pad, 4 x 4 x 1.0 body, Lead Pitch 0.45 mm Quad Flat No-Lead/Micro Lead Frame Package (QFN/MLF)
32M1-A	32-pad, 5 x 5 x 1.0 body, Lead Pitch 0.50 mm Quad Flat No-Lead/Micro Lead Frame Package (QFN/MLF)
28P3	28-lead, 0.300" Wide, Plastic Dual Inline Package (PDIP)

9.5 ATmega168A

Speed (MHz) ⁽³⁾	Power Supply (V)	Ordering Code ⁽²⁾	Package ⁽¹⁾	Operational Range
20	1.8 - 5.5	ATmega168A-AU ATmega168A-AUR ⁽⁵⁾ ATmega168A-CCU ATmega168A-CCUR ⁽⁵⁾ ATmega168A-MMH ⁽⁴⁾ ATmega168A-MMHR ⁽⁴⁾⁽⁵⁾ ATmega168A-MU ATmega168A-MUR ⁽⁵⁾ ATmega168A-PU	32A 32A 32CC1 32CC1 28M1 28M1 32M1-A 32M1-A 28P3	Industrial (-40°C to 85°C)

- Note:
1. This device can also be supplied in wafer form. Please contact your local Atmel sales office for detailed ordering information and minimum quantities.
 2. Pb-free packaging complies to the European Directive for Restriction of Hazardous Substances (RoHS directive). Also Halide free and fully Green.
 3. See "[Speed Grades](#)" on page 322
 4. NiPdAu Lead Finish.
 5. Tape & Reel.

Package Type	
32A	32-lead, Thin (1.0mm) Plastic Quad Flat Package (TQFP)
32CC1	32-ball, 4 x 4 x 0.6 mm package, ball pitch 0.5mm, Ultra Thin, Fine-Pitch Ball Grill Array (UFBGA)
28M1	28-pad, 4 x 4 x 1.0 body, Lead Pitch 0.45mm Quad Flat No-Lead/Micro Lead Frame Package (QFN/MLF)
32M1-A	32-pad, 5 x 5 x 1.0 body, Lead Pitch 0.50mm Quad Flat No-Lead/Micro Lead Frame Package (QFN/MLF)
28P3	28-lead, 0.300" Wide, Plastic Dual Inline Package (PDIP)

9.6 ATmega168PA

Speed (MHz) ⁽³⁾	Power Supply (V)	Ordering Code ⁽²⁾	Package ⁽¹⁾	Operational Range
20	1.8 - 5.5	ATmega168PA-AU ATmega168PA-AUR ⁽⁵⁾ ATmega168PA-CCU ATmega168PA-CCUR ⁽⁵⁾ ATmega168PA-MMH ⁽⁴⁾ ATmega168PA-MMHR ⁽⁴⁾⁽⁵⁾ ATmega168PA-MU ATmega168PA-MUR ⁽⁵⁾ ATmega168PA-PU	32A 32A 32CC1 32CC1 28M1 28M1 32M1-A 32M1-A 28P3	Industrial (-40°C to 85°C)
20	1.8 - 5.5	ATmega168PA-AN ATmega168PA-ANR ⁽⁵⁾ ATmega168PA-MN ATmega168PA-MNR ⁽⁵⁾ ATmega168PA-PN	32A 32A 32M1-A 32M1-A 28P3	Industrial (-40°C to 105°C)

- Note:
1. This device can also be supplied in wafer form. Please contact your local Atmel sales office for detailed ordering information and minimum quantities.
 2. Pb-free packaging complies to the European Directive for Restriction of Hazardous Substances (RoHS directive). Also Halide free and fully Green.
 3. See "[Speed Grades](#)" on page 322.
 4. NiPdAu Lead Finish.
 5. Tape & Reel.

Package Type	
32A	32-lead, Thin (1.0mm) Plastic Quad Flat Package (TQFP)
32CC1	32-ball, 4 x 4 x 0.6mm package, ball pitch 0.5mm, Ultra Thin, Fine-Pitch Ball Grill Array (UFBGA)
28M1	28-pad, 4 x 4 x 1.0 body, Lead Pitch 0.45mm Quad Flat No-Lead/Micro Lead Frame Package (QFN/MLF)
32M1-A	32-pad, 5 x 5 x 1.0 body, Lead Pitch 0.50mm Quad Flat No-Lead/Micro Lead Frame Package (QFN/MLF)
28P3	28-lead, 0.300" Wide, Plastic Dual Inline Package (PDIP)

9.7 ATmega328

Speed (MHz)	Power Supply (V)	Ordering Code ⁽²⁾	Package ⁽¹⁾	Operational Range
20 ⁽³⁾	1.8 - 5.5	ATmega328-AU ATmega328-AUR ⁽⁵⁾ ATmega328-MMH ⁽⁴⁾ ATmega328-MMHR ⁽⁴⁾⁽⁵⁾ ATmega328-MU ATmega328-MUR ⁽⁵⁾ ATmega328-PU	32A 32A 28M1 28M1 32M1-A 32M1-A 28P3	Industrial (-40°C to 85°C)

- Note:
1. This device can also be supplied in wafer form. Please contact your local Atmel sales office for detailed ordering information and minimum quantities.
 2. Pb-free packaging complies to the European Directive for Restriction of Hazardous Substances (RoHS directive). Also Halide free and fully Green.
 3. See [Figure 29-1 on page 322](#).
 4. NiPdAu Lead Finish.
 5. Tape & Reel

Package Type	
32A	32-lead, Thin (1.0mm) Plastic Quad Flat Package (TQFP)
28M1	28-pad, 4 x 4 x 1.0 body, Lead Pitch 0.45mm Quad Flat No-Lead/Micro Lead Frame Package (QFN/MLF)
28P3	28-lead, 0.300" Wide, Plastic Dual Inline Package (PDIP)
32M1-A	32-pad, 5 x 5 x 1.0 body, Lead Pitch 0.50mm Quad Flat No-Lead/Micro Lead Frame Package (QFN/MLF)



9.8 ATmega328P

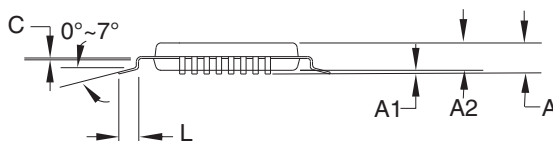
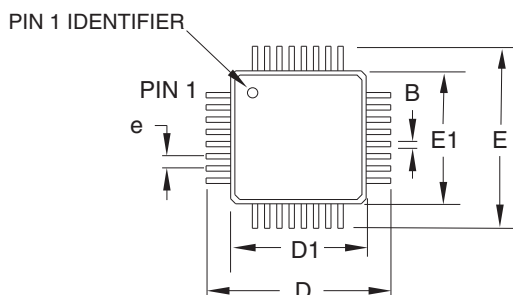
Speed (MHz) ⁽³⁾	Power Supply (V)	Ordering Code ⁽²⁾	Package ⁽¹⁾	Operational Range
20	1.8 - 5.5	ATmega328P-AU	32A	Industrial (-40°C to 85°C)
		ATmega328P-AUR ⁽⁵⁾	32A	
		ATmega328P-MMH ⁽⁴⁾	28M1	
		ATmega328P-MMHR ⁽⁴⁾⁽⁵⁾	28M1	
		ATmega328P-MU	32M1-A	
		ATmega328P-MUR ⁽⁵⁾	32M1-A	
		ATmega328P-PU	28P3	Industrial (-40°C to 105°C)
		ATmega328P-AN	32A	
		ATmega328P-ANR ⁽⁵⁾	32A	
		ATmega328P-MN	32M1-A	
ATmega328P-MNR ⁽⁵⁾	32M1-A			
ATmega328P-PN	28P3			

- Note:
1. This device can also be supplied in wafer form. Please contact your local Atmel sales office for detailed ordering information and minimum quantities.
 2. Pb-free packaging complies to the European Directive for Restriction of Hazardous Substances (RoHS directive). Also Halide free and fully Green.
 3. See [Figure 29-1 on page 322](#).
 4. NiPdAu Lead Finish.
 5. Tape & Reel.

Package Type	
32A	32-lead, Thin (1.0mm) Plastic Quad Flat Package (TQFP)
28M1	28-pad, 4 x 4 x 1.0 body, Lead Pitch 0.45mm Quad Flat No-Lead/Micro Lead Frame Package (QFN/MLF)
28P3	28-lead, 0.300" Wide, Plastic Dual Inline Package (PDIP)
32M1-A	32-pad, 5 x 5 x 1.0 body, Lead Pitch 0.50mm Quad Flat No-Lead/Micro Lead Frame Package (QFN/MLF)

10. Packaging Information

10.1 32A



COMMON DIMENSIONS
(Unit of Measure = mm)

SYMBOL	MIN	NOM	MAX	NOTE
A	–	–	1.20	
A1	0.05	–	0.15	
A2	0.95	1.00	1.05	
D	8.75	9.00	9.25	
D1	6.90	7.00	7.10	Note 2
E	8.75	9.00	9.25	
E1	6.90	7.00	7.10	Note 2
B	0.30	–	0.45	
C	0.09	–	0.20	
L	0.45	–	0.75	
e	0.80 TYP			

Notes:

1. This package conforms to JEDEC reference MS-026, Variation ABA.
2. Dimensions D1 and E1 do not include mold protrusion. Allowable protrusion is 0.25 mm per side. Dimensions D1 and E1 are maximum plastic body size dimensions including mold mismatch.
3. Lead coplanarity is 0.10 mm maximum.

2010-10-20



2325 Orchard Parkway
San Jose, CA 95131

TITLE

32A, 32-lead, 7 x 7 mm Body Size, 1.0 mm Body Thickness,
0.8 mm Lead Pitch, Thin Profile Plastic Quad Flat Package (TQFP)

DRAWING NO.

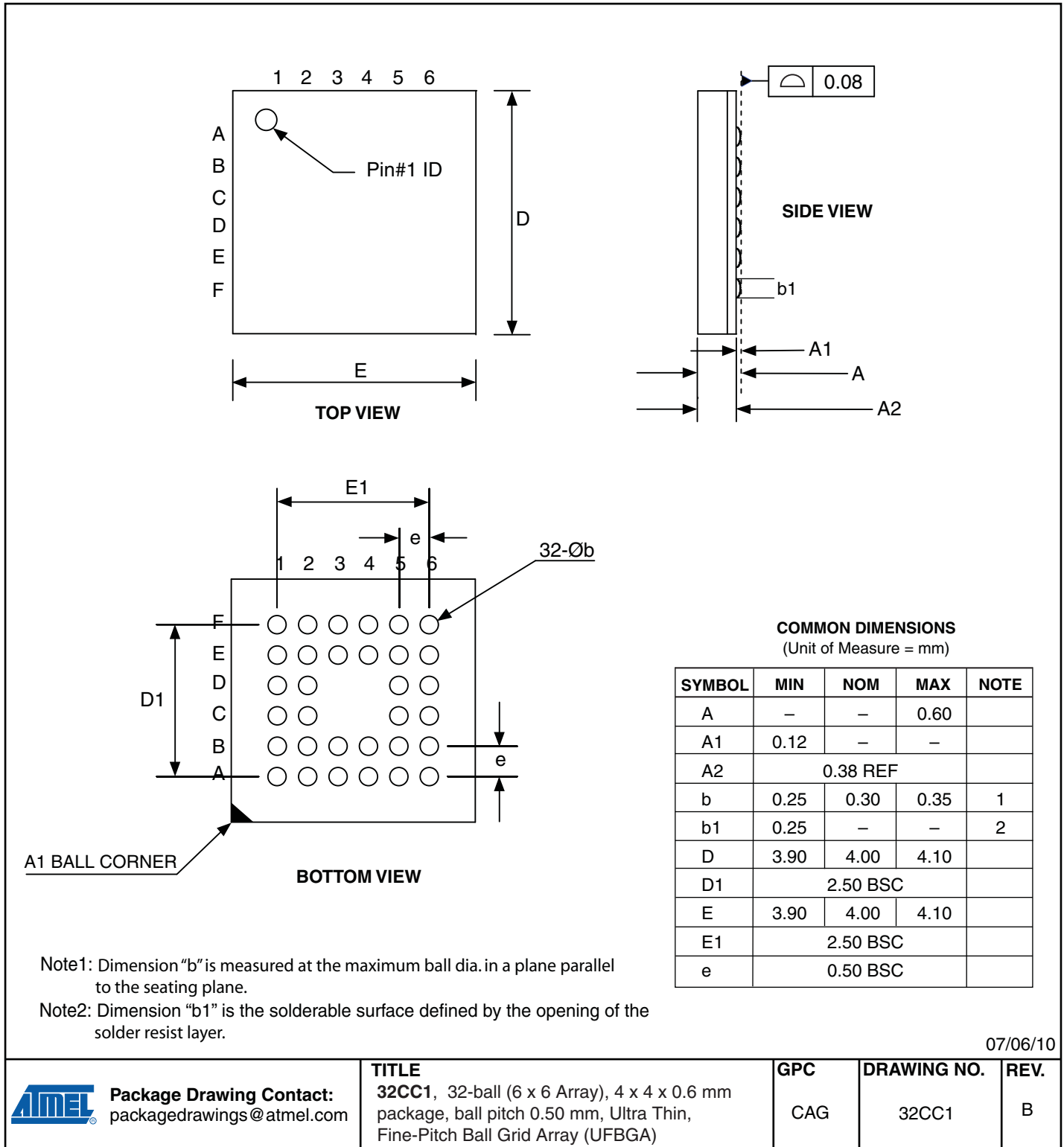
32A

REV.

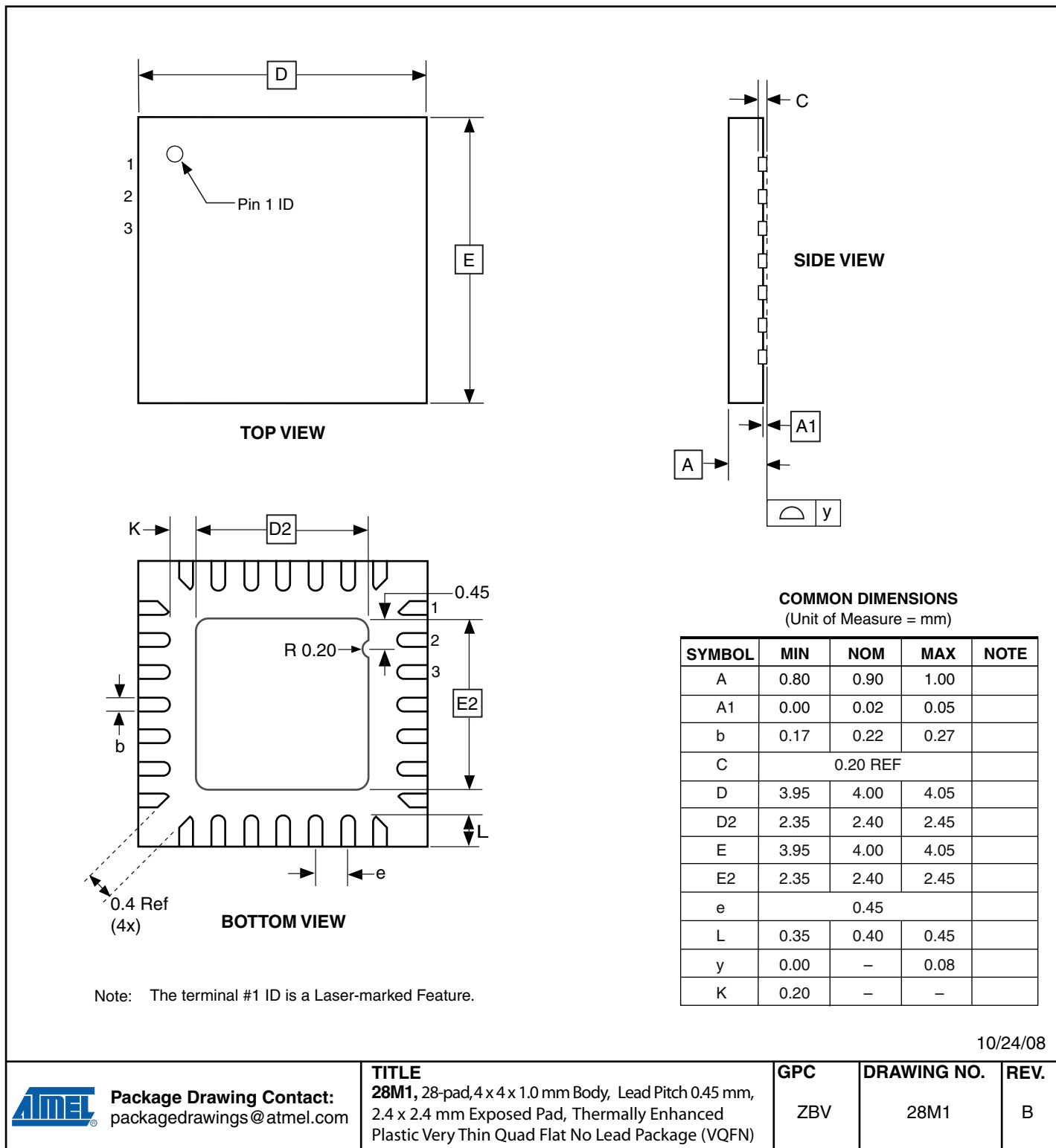
C



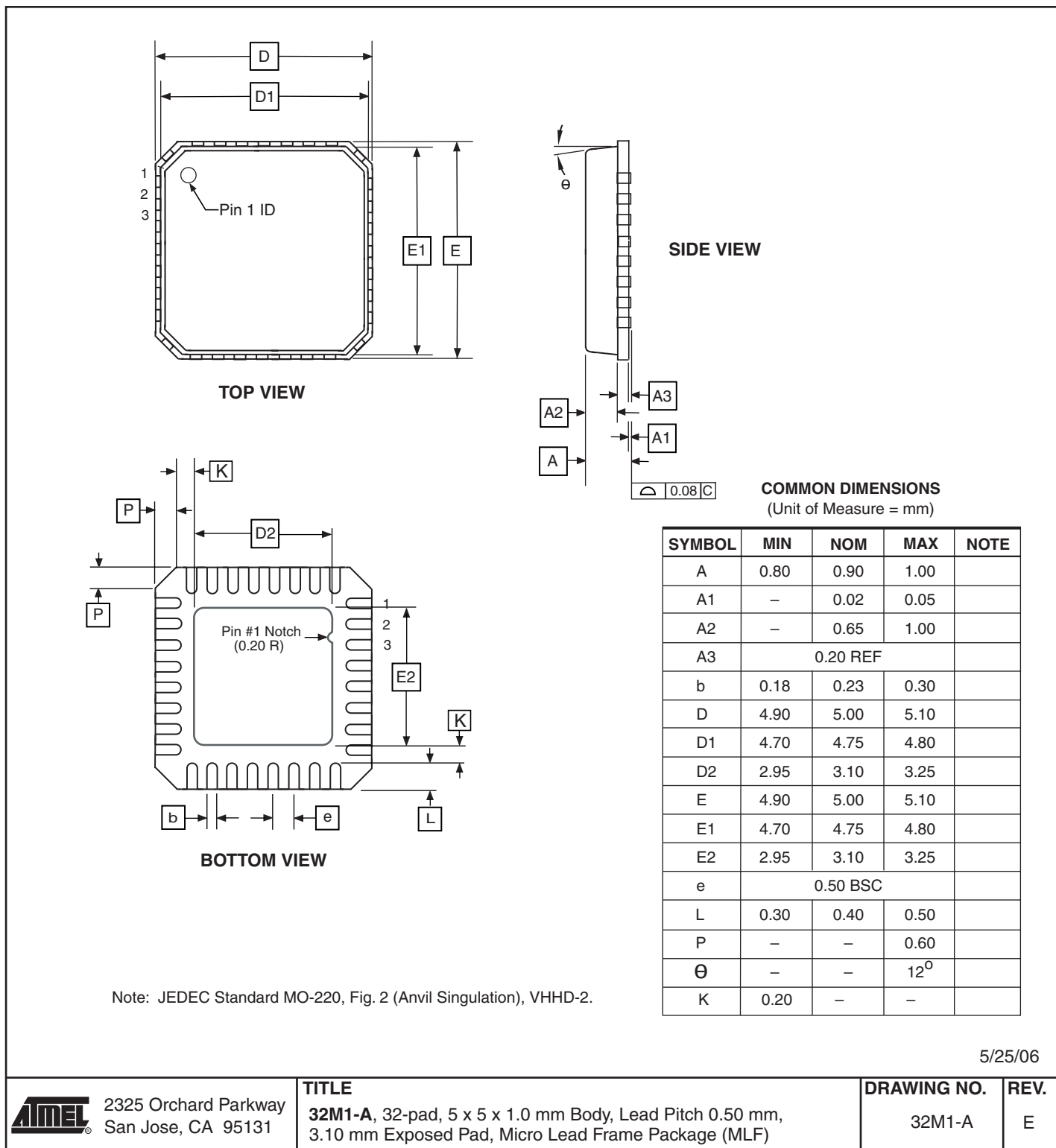
10.2 32CC1



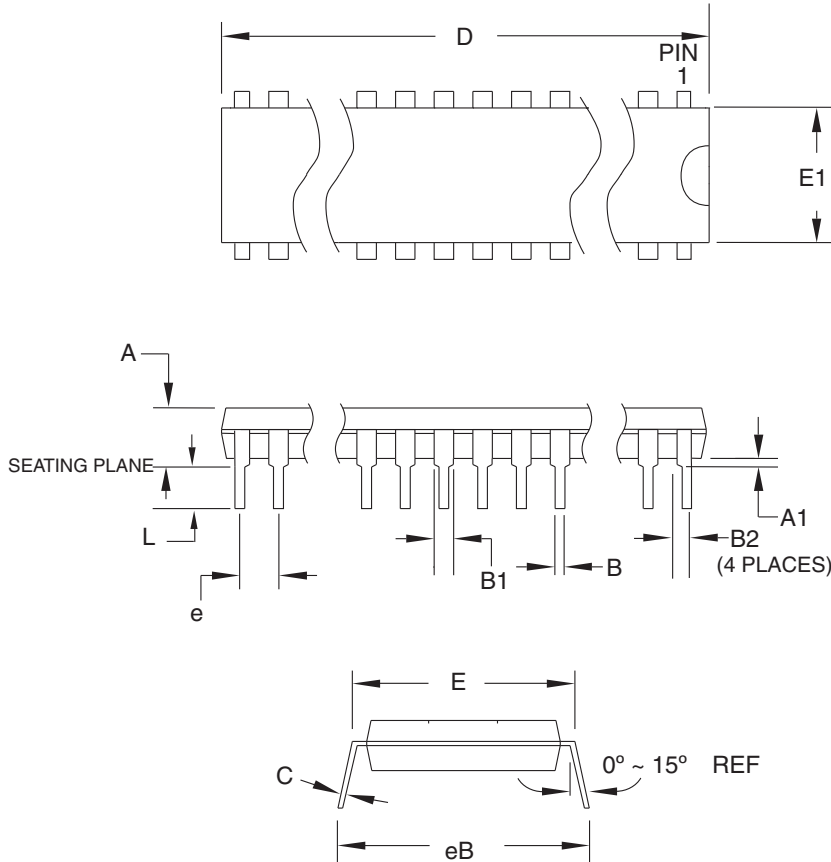
10.3 28M1



10.4 32M1-A



10.5 28P3



COMMON DIMENSIONS
(Unit of Measure = mm)

SYMBOL	MIN	NOM	MAX	NOTE
A	-	-	4.5724	
A1	0.508	-	-	
D	34.544	-	34.798	Note 1
E	7.620	-	8.255	
E1	7.112	-	7.493	Note 1
B	0.381	-	0.533	
B1	1.143	-	1.397	
B2	0.762	-	1.143	
L	3.175	-	3.429	
C	0.203	-	0.356	
eB	-	-	10.160	
e	2.540 TYP			

Note: 1. Dimensions D and E1 do not include mold Flash or Protrusion.
Mold Flash or Protrusion shall not exceed 0.25 mm (0.010").

09/28/01



2325 Orchard Parkway
San Jose, CA 95131

TITLE

28P3, 28-lead (0.300"/7.62 mm Wide) Plastic Dual
Inline Package (PDIP)

DRAWING NO.

28P3

REV.

B



11. Errata

11.1 Errata ATmega48A

The revision letter in this section refers to the revision of the ATmega48A device.

11.1.1 Rev. D

- **Analog MUX can be turned off when setting ACME bit**

1. **Analog MUX can be turned off when setting ACME bit**

If the ACME (Analog Comparator Multiplexer Enabled) bit in ADCSRB is set while MUX3 in ADMUX is '1' (ADMUX[3:0]=1xxx), all MUX'es are turned off until the ACME bit is cleared.

Problem Fix/Workaround

Clear the MUX3 bit before setting the ACME bit.

11.2 Errata ATmega48PA

The revision letter in this section refers to the revision of the ATmega48PA device.

11.2.1 Rev. D

- **Analog MUX can be turned off when setting ACME bit**

1. **Analog MUX can be turned off when setting ACME bit**

If the ACME (Analog Comparator Multiplexer Enabled) bit in ADCSRB is set while MUX3 in ADMUX is '1' (ADMUX[3:0]=1xxx), all MUX'es are turned off until the ACME bit is cleared.

Problem Fix/Workaround

Clear the MUX3 bit before setting the ACME bit.

11.3 Errata ATmega88A

The revision letter in this section refers to the revision of the ATmega88A device.

11.3.1 Rev. F

- **Analog MUX can be turned off when setting ACME bit**

1. **Analog MUX can be turned off when setting ACME bit**

If the ACME (Analog Comparator Multiplexer Enabled) bit in ADCSRB is set while MUX3 in ADMUX is '1' (ADMUX[3:0]=1xxx), all MUX'es are turned off until the ACME bit is cleared.

Problem Fix/Workaround

Clear the MUX3 bit before setting the ACME bit.

11.4 Errata ATmega88PA

The revision letter in this section refers to the revision of the ATmega88PA device.

11.4.1 Rev. F

- **Analog MUX can be turned off when setting ACME bit**

1. **Analog MUX can be turned off when setting ACME bit**

If the ACME (Analog Comparator Multiplexer Enabled) bit in ADCSRB is set while MUX3 in ADMUX is '1' (ADMUX[3:0]=1xxx), all MUX'es are turned off until the ACME bit is cleared.

Problem Fix/Workaround

Clear the MUX3 bit before setting the ACME bit.

11.5 Errata ATmega168A

The revision letter in this section refers to the revision of the ATmega168A device.

11.5.1 Rev. E

- **Analog MUX can be turned off when setting ACME bit**

1. **Analog MUX can be turned off when setting ACME bit**

If the ACME (Analog Comparator Multiplexer Enabled) bit in ADCSRB is set while MUX3 in ADMUX is '1' (ADMUX[3:0]=1xxx), all MUX'es are turned off until the ACME bit is cleared.

Problem Fix/Workaround

Clear the MUX3 bit before setting the ACME bit.

11.6 Errata ATmega168PA

The revision letter in this section refers to the revision of the ATmega168PA device.

11.6.1 Rev E

- **Analog MUX can be turned off when setting ACME bit**

1. **Analog MUX can be turned off when setting ACME bit**

If the ACME (Analog Comparator Multiplexer Enabled) bit in ADCSRB is set while MUX3 in ADMUX is '1' (ADMUX[3:0]=1xxx), all MUX'es are turned off until the ACME bit is cleared.

Problem Fix/Workaround

Clear the MUX3 bit before setting the ACME bit.

11.7 Errata ATmega328

The revision letter in this section refers to the revision of the ATmega328 device.

11.7.1 Rev D

- **Analog MUX can be turned off when setting ACME bit**

1. **Analog MUX can be turned off when setting ACME bit**

If the ACME (Analog Comparator Multiplexer Enabled) bit in ADCSRB is set while MUX3 in ADMUX is '1' (ADMUX[3:0]=1xxx), all MUX'es are turned off until the ACME bit is cleared.

Problem Fix/Workaround

Clear the MUX3 bit before setting the ACME bit.

11.7.2 Rev C

Not sampled.

11.7.3 Rev B

- **Analog MUX can be turned off when setting ACME bit**
- **Unstable 32kHz Oscillator**

1. **Analog MUX can be turned off when setting ACME bit**

If the ACME (Analog Comparator Multiplexer Enabled) bit in ADCSRB is set while MUX3 in ADMUX is '1' (ADMUX[3:0]=1xxx), all MUX'es are turned off until the ACME bit is cleared.

Problem Fix/Workaround

Clear the MUX3 bit before setting the ACME bit.

2. **Unstable 32kHz Oscillator**

The 32kHz oscillator does not work as system clock. The 32kHz oscillator used as asynchronous timer is inaccurate.

Problem Fix/ Workaround

None.

11.7.4 Rev A

- **Analog MUX can be turned off when setting ACME bit**
- **Unstable 32kHz Oscillator**

1. **Analog MUX can be turned off when setting ACME bit**

If the ACME (Analog Comparator Multiplexer Enabled) bit in ADCSRB is set while MUX3 in ADMUX is '1' (ADMUX[3:0]=1xxx), all MUX'es are turned off until the ACME bit is cleared.

Problem Fix/Workaround

Clear the MUX3 bit before setting the ACME bit.

2. **Unstable 32kHz Oscillator**

The 32kHz oscillator does not work as system clock. The 32kHz oscillator used as asynchronous timer is inaccurate.

Problem Fix/ Workaround

None.

11.8 Errata ATmega328P

The revision letter in this section refers to the revision of the ATmega328P device.

11.8.1 Rev D

- **Analog MUX can be turned off when setting ACME bit**

1. Analog MUX can be turned off when setting ACME bit

If the ACME (Analog Comparator Multiplexer Enabled) bit in ADCSRB is set while MUX3 in ADMUX is '1' (ADMUX[3:0]=1xxx), all MUX'es are turned off until the ACME bit is cleared.

Problem Fix/Workaround

Clear the MUX3 bit before setting the ACME bit.

11.8.2 Rev C

Not sampled.

11.8.3 Rev B

- **Analog MUX can be turned off when setting ACME bit**
- **Unstable 32kHz Oscillator**

1. Analog MUX can be turned off when setting ACME bit

If the ACME (Analog Comparator Multiplexer Enabled) bit in ADCSRB is set while MUX3 in ADMUX is '1' (ADMUX[3:0]=1xxx), all MUX'es are turned off until the ACME bit is cleared.

Problem Fix/Workaround

Clear the MUX3 bit before setting the ACME bit.

2. Unstable 32kHz Oscillator

The 32kHz oscillator does not work as system clock. The 32kHz oscillator used as asynchronous timer is inaccurate.

Problem Fix/ Workaround

None.

11.8.4 Rev A

- **Unstable 32kHz Oscillator**

1. Unstable 32kHz Oscillator

The 32kHz oscillator does not work as system clock. The 32kHz oscillator used as asynchronous timer is inaccurate.

Problem Fix/ Workaround

None.

12. Datasheet Revision History

Please note that the referring page numbers in this section are referred to this document. The referring revision in this section are referring to the document revision.

12.1 Rev. 8271D – 05/11

1. Added Atmel QTouch Sensing Capability Feature
2. Updated "Register Description" on page 94 with PINxn as R/W.
3. Added a footnote to the PINxn, page 94.
4. Updated
5. Updated "Ordering Information", "ATmega328" on page 546. Added "ATmega328-MMH" and "ATmega328-MMHR".
6. Updated "Ordering Information", "ATmega328P" on page 547. Added "ATmega328P-MMH" and "ATmega328P-MMHR".
7. Added "Ordering Information" for ATmega48PA/88PA/168PA/328P @ 105°C
8. Updated "Errata ATmega328" on page 555 and "Errata ATmega328P" on page 556
98. Updated the datasheet according to the Atmel new brand style guide.

12.2 Rev. 8271C – 08/10

1. Added 32UFBGA Pinout, Table 1-1 on page 2.
2. Updated the "SRAM Data Memory", Figure 8-3 on page 19.
3. Updated "Ordering Information" on page 540 with CCU and CCUR code related to "32CC1" Package drawing.
4. "32CC1" Package drawing added on "Packaging Information" on page 548.

12.3 Rev. 8271B – 04/10

1. Updated Table 9-8 with correct value for timer oscillator at xtal2/tos2
2. Corrected use of SBIS instructions in assembly code examples.
3. Corrected BOD and BODSE bits to R/W in Section 10.11.2 on page 46, Section 12.5 on page 70 and Section 14.4 on page 94
4. Figures for bandgap characterization added, Figure 30-34 on page 350, Figure 30-81 on page 375, Figure 30-128 on page 400, Figure 30-175 on page 425, Figure 30-222 on page 450, Figure 30-269 on page 475, Figure 30-316 on page 500 and Figure 30-363 on page 525.
5. Updated "Packaging Information" on page 548 by replacing 28M1 with a correct corresponding package.

12.4 Rev. 8271A – 12/09

1. New datasheet 8271 with merged information for ATmega48PA, ATmega88PA, ATmega168PA and ATmega48A, ATmega88A and ATmega168A. Also included information on ATmega328 and ATmega328P
2. Changes done:
 - New devices added: ATmega48A/ATmega88A/ATmega168A and ATmega328
 - Updated Feature Description
 - Updated [Table 2-1 on page 6](#)
 - Added note for BOD Disable on [page 41](#).
 - Added note on BOD and BODSE in "MCUCR – MCU Control Register" on [page 94](#) and "Register Description" on [page 295](#)
 - Added limitation information for the application "Boot Loader Support – Read-While-Write Self-Programming" on [page 280](#)
 - Added limitation information for "Program And Data Memory Lock Bits" on [page 297](#)
 - Added specified DC characteristics
 - Added typical characteristics
 - Removed exception information in "Address Match Unit" on [page 224](#).



Atmel Corporation

2325 Orchard Parkway
San Jose, CA 95131
USA

Tel: (+1)(408) 441-0311

Fax: (+1)(408) 487-2600

www.atmel.com

Atmel Asia Limited

Unit 1-5 & 16, 19/F
BEA Tower, Millennium City 5
418 Kwun Tong Road
Kwun Tong, Kowloon

HONG KONG

Tel: (+852) 2245-6100

Fax: (+852) 2722-1369

Atmel Munich GmbH

Business Campus
Parkring 4
D-85748 Garching b. Munich
GERMANY

Tel: (+49) 89-31970-0

Fax: (+49) 89-3194621

Atmel Japan

9F, Tonetsu Shinkawa Bldg.
1-24-8 Shinkawa
Chuo-ku, Tokyo 104-0033
JAPAN

Tel: (+81)(3) 3523-3551

Fax: (+81)(3) 3523-7581

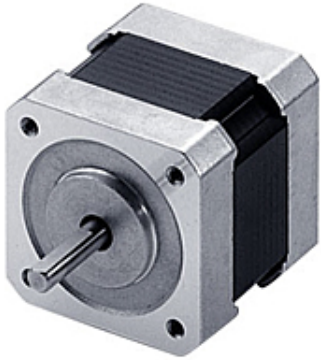
© 2011 Atmel Corporation. All rights reserved.

Atmel[®], Atmel logo and combinations thereof, AVR[®] and others are registered trademarks or trademarks of Atmel Corporation or its subsidiaries. Other terms and product names may be trademarks of others.

Disclaimer: The information in this document is provided in connection with Atmel 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 Atmel products. **EXCEPT AS SET FORTH IN THE ATMEL TERMS AND CONDITIONS OF SALES LOCATED ON THE ATMEL WEBSITE, ATMEL 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 ATMEL BE LIABLE FOR ANY DIRECT, INDIRECT, CONSEQUENTIAL, PUNITIVE, SPECIAL OR INCIDENTAL DAMAGES (INCLUDING, WITHOUT LIMITATION, DAMAGES FOR LOSS AND PROFITS, BUSINESS INTERRUPTION, OR LOSS OF INFORMATION) ARISING OUT OF THE USE OR INABILITY TO USE THIS DOCUMENT, EVEN IF ATMEL HAS BEEN ADVISED OF THE POSSIBILITY OF SUCH DAMAGES.** Atmel 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. Atmel does not make any commitment to update the information contained herein. Unless specifically provided otherwise, Atmel products are not suitable for, and shall not be used in, automotive applications. Atmel products are not intended, authorized, or warranted for use as components in applications intended to support or sustain life.

Item # PK244-02AA, 2-Phase Stepping Motor

\$60.00



2-Phase Stepping Motor

The standard PK series 2-phase stepping motor offers balanced performance enhanced by high torque, low vibration and low noise.



[LEAD TIME](#) · [SPECIFICATIONS](#)

LEAD TIME

Available to Ship	Same Day (if ordered by 12pm PST) (1-10 pcs)
-------------------	--

SPECIFICATIONS

Product Line	VEXTA ®
Motor Type	2-Phase
Speed-Torque Characteristics	<p>Graph</p>
Holding Torque	Bipolar (Series) 46 oz-in Unipolar 36 oz-in Bipolar (Series) 0.33 N·m Unipolar 0.26 N·m
Current per Phase (A/phase)	0.57 [Bipolar (Series)] 0.8 [Unipolar]
Basic Step Angle	1.8°
Frame Size	1.65 in 42 mm
Type	Standard

Shaft	Single
Rotor Inertia	0.3 oz-in ² 54 × 10 ⁻⁷ kg-m ²
Encoder	Not Equipped
Connection Type	Bipolar (Series) Unipolar
Motor Connection Type	Flying Leads
Lead Wires	6
Voltage (VDC)	8.6 [Bipolar (Series)] 6 [Unipolar]
Resistance (Ω/phase)	15 [Bipolar (Series)] 7.5 [Unipolar]
Inductance (mH/phase)	26.8 [Bipolar (Series)] 6.7 [Unipolar]
Shaft/Gear Type	Round Shaft
RoHS Compliant	Yes
Insulation Resistance	100 M Ω or more when 500 VDC megger is applied between the windings and the case under normal ambient temperature and humidity.
Dielectric Strength	Sufficient to withstand 0.5 kVAC at 50 Hz or 60 Hz applied between the windings and the case for 1 minute under normal ambient temperature and humidity.
Temperature Rise	Temperature rise of the windings is 144°F (80°C) or less measured by the change resistance method. (at rated current, at standstill, 2 phases energized)
Insulation Class	Class B [266°F (130°C)]
Ambient Temperature Range	14 ~ 122°F (-10 ~ 50°C) (non-freezing)
Ambient Humidity	85% or less (non-condensing)
Shaft Runout	0.05 mm (0.002 in.) T.I.R.
Concentricity	0.075 mm (0.003 in.) T.I.R.
Perpendicularity	0.075 mm (0.003 in.) T.I.R.
Radial Play	0.025 mm (0.001 in.) maximum of 5 N (1.12 lb.)
Axial Play	0.075 mm (0.003 in.) maximum of 10 N (2.2 lb.)
Step Accuracy	±3 arc minutes (±0.05°)

TGS 2611 - for the detection of Methane

Features:

- * Low power consumption
- * High sensitivity to methane
- * Long life and low cost
- * Uses simple electrical circuit

Applications:

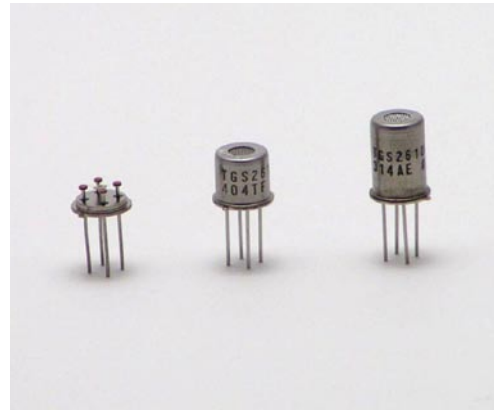
- * Domestic gas alarms
- * Portable gas detectors
- * Gas leak detector for gas appliances

TGS2611 is a semiconductor type gas sensor which combines very high sensitivity to methane gas with low power consumption and long life. Due to miniaturization of its sensing chip, TGS2611 requires a heater current of only 56mA and the device is housed in a standard TO-5 package.

The TGS2611 is available in two different models which have different external housings but identical sensitivity to methane gas. Both models are able to satisfy the requirements of performance standards such as UL1484 and EN50194.

TGS2611-C00 possesses small size and quick gas response, making it suitable for gas leakage checkers.

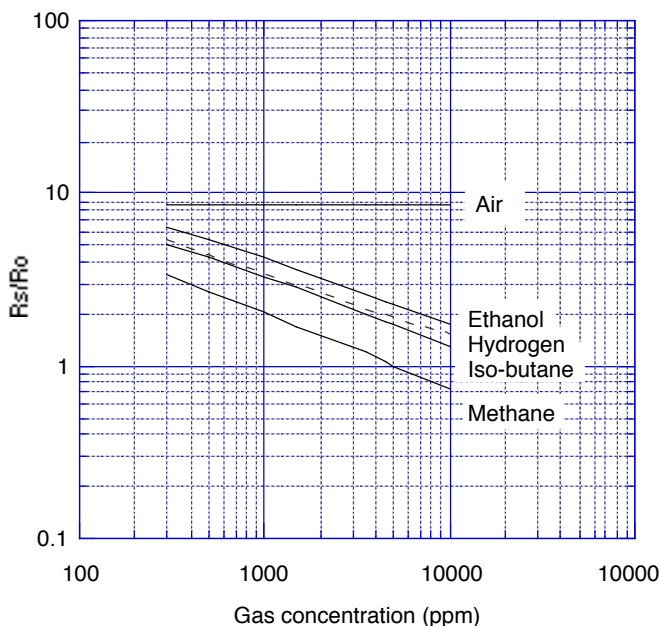
TGS2611-E00 uses filter material in its housing which eliminates the influence of interference gases such as alcohol, resulting in highly selective response to methane gas. This feature makes the sensor ideal for residential gas leakage detectors which require durability and resistance against interference gas.



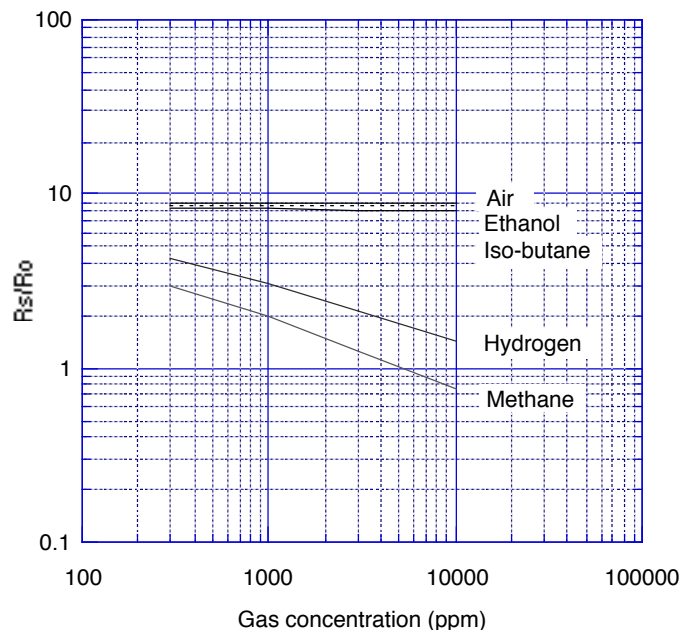
The figure below represents typical sensitivity characteristics, all data having been gathered at standard test conditions (see reverse side of this sheet). The Y-axis is indicated as sensor resistance ratio (R_s/R_o) which is defined as follows:

R_s = Sensor resistance in displayed gases at various concentrations
 R_o = Sensor resistance in 5000ppm of methane

TGS2611-C00 Sensitivity Characteristics:



TGS2611-E00 Sensitivity Characteristics:

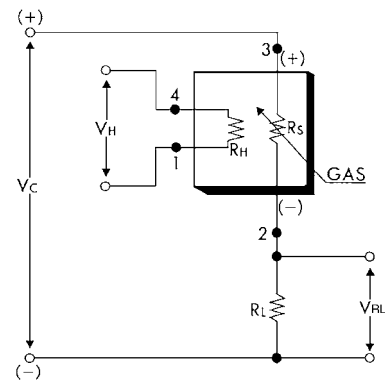


IMPORTANT NOTE: OPERATING CONDITIONS IN WHICH FIGARO SENSORS ARE USED WILL VARY WITH EACH CUSTOMER'S SPECIFIC APPLICATIONS. FIGARO STRONGLY RECOMMENDS CONSULTING OUR TECHNICAL STAFF BEFORE DEPLOYING FIGARO SENSORS IN YOUR APPLICATION AND, IN PARTICULAR, WHEN CUSTOMER'S TARGET GASES ARE NOT LISTED HEREIN. FIGARO CANNOT ASSUME ANY RESPONSIBILITY FOR ANY USE OF ITS SENSORS IN A PRODUCT OR APPLICATION FOR WHICH SENSOR HAS NOT BEEN SPECIFICALLY TESTED BY FIGARO.

Basic Measuring Circuit:

The sensor requires two voltage inputs: heater voltage (V_H) and circuit voltage (V_C). The heater voltage (V_H) is applied to the integrated heater in order to maintain the sensing element at a specific temperature which is optimal for sensing. Circuit voltage (V_C) is applied to allow measurement of voltage (V_{RL}) across a load resistor (R_L) which is connected in series with the sensor.

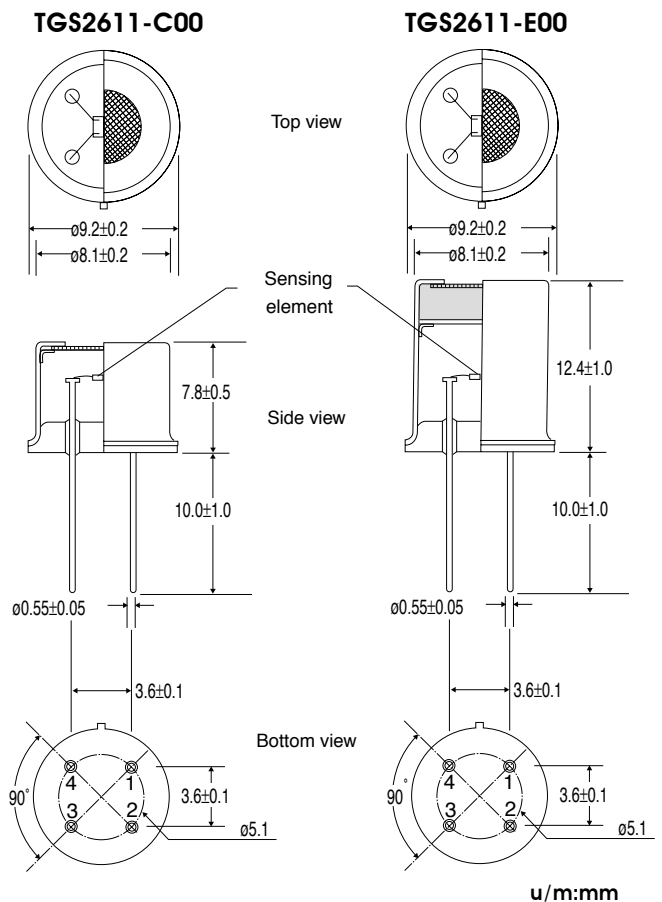
A common power supply circuit can be used for both V_C and V_H to fulfill the sensor's electrical requirements. The value of the load resistor (R_L) should be chosen to optimize the alarm threshold value, keeping power dissipation (P_S) of the semiconductor below a limit of 15mW. Power dissipation (P_S) will be highest when the value of R_S is equal to R_L on exposure to gas.



Specifications:

Model number		TGS 2611	
Sensing element type		D1	
Standard package		TO-5 metal can	
Target gases		Methane, Natural Gas	
Typical detection range		500 ~ 10,000 ppm	
Standard circuit conditions	Heater Voltage	V_H	5.0±0.2V DC/AC
	Circuit voltage	V_C	5.0±0.2V DC $P_S \leq 15mW$
	Load resistance	R_L	Variable 0.45kΩ min.
Electrical characteristics under standard test conditions	Heater resistance	R_H	59Ω at room temp. (typical)
	Heater current	I_H	56 ± 5mA
	Heater power consumption	P_H	280±25mW
	Sensor resistance	R_S	0.68~6.8 kΩ in 5000ppm methane
	Sensitivity (change ratio of R_S)		0.60 ± 0.06 $\frac{R_S(9000ppm)}{R_S(3000ppm)}$
Standard test conditions	Test gas conditions	Methane in air at 20±2°C, 65±5%RH	
	Circuit conditions	$V_C = 5.0 \pm 0.01V$ DC $V_H = 5.0 \pm 0.05V$ DC	
	Conditioning period before test	7 days	

Structure and Dimensions:



Pin connection:

- 1: Heater
- 2: Sensor electrode (-)
- 3: Sensor electrode (+)
- 4: Heater

The value of power dissipation (P_S) can be calculated by utilizing the following formula:

$$P_S = \frac{(V_C - V_{RL})^2}{R_S}$$

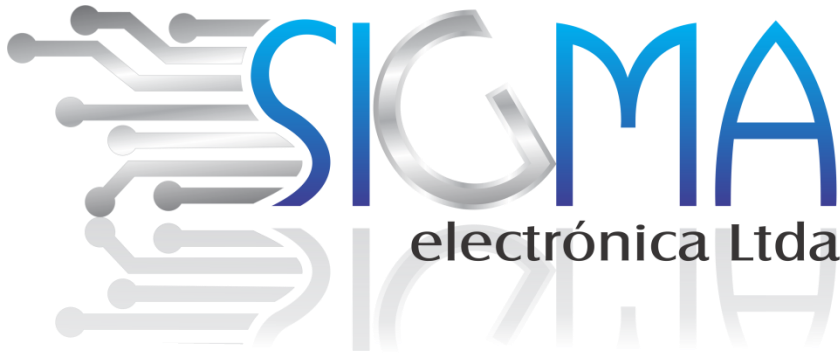
Sensor resistance (R_S) is calculated with a measured value of V_{RL} by using the following formula:

$$R_S = \frac{V_C - V_{RL}}{V_{RL}} \times R_L$$

For information on warranty, please refer to Standard Terms and Conditions of Sale of Figaro USA Inc. All sensor characteristics shown in this brochure represent typical characteristics. Actual characteristics vary from sensor to sensor. The only characteristics warranted are those in the Specification table above.

FIGARO USA, INC.

121 S. Wilke Rd. Suite 300
Arlington Heights, Illinois 60005
Phone: (847)-832-1701
Fax: (847)-832-1705
email: figarousa@figarosensor.com

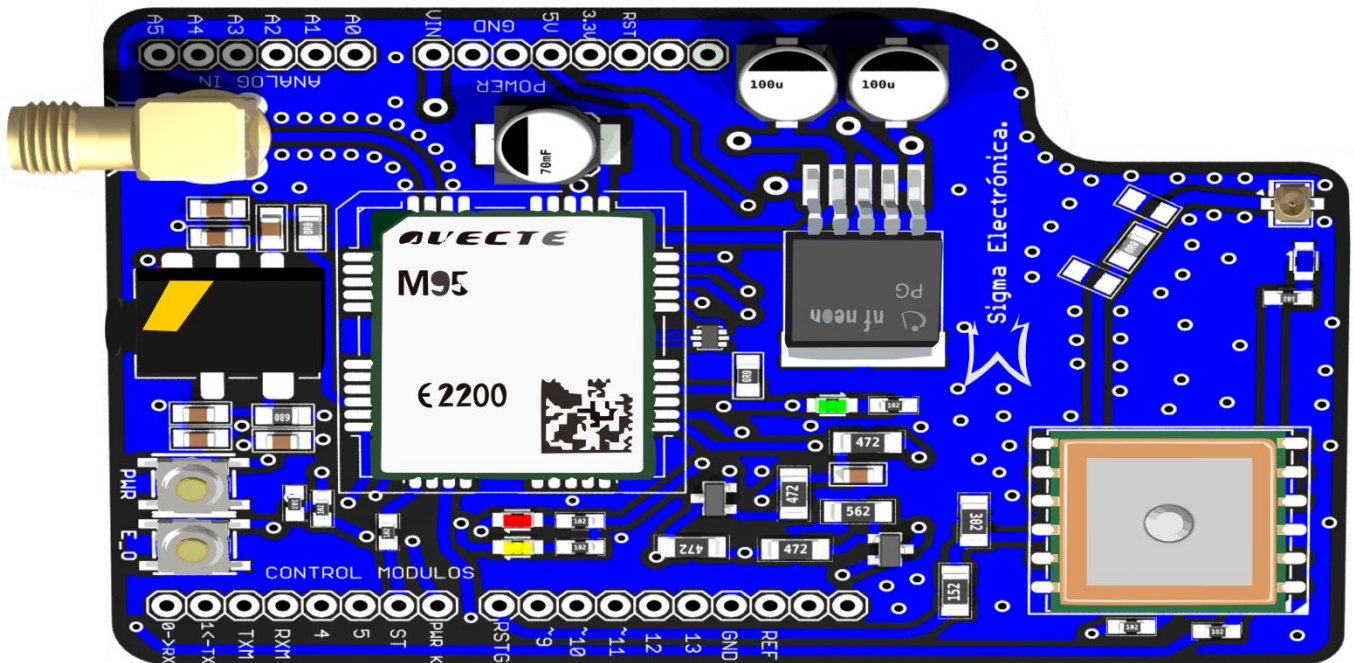


www.sigmaelectronica.net

Pbx.3482059

ventas@sigmaelectronica.net

¡ TODO LO QUE NECESITAS PARA DESARROLLAR TUS IDEAS !



TARJETA M95 L80 ARDUINO

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	3
DESCRIPCIÓN	4
Características Hardware.....	4
ETAPAS Y CARACTERISTICAS ESPECÍFICAS	5
1. Entrada de voltaje	5
2. Reset	5
3. Pines utilizador para Arduino	6
4. Conectores de antenas.....	7
5. Socket sim card retráctil.....	9
6. Conector de micrófono y audio.....	9
7. Indicadores.....	10
FUNCIONAMIENTO	11
PASO UNO: Conectar el shield a Arduino Uno	11
PASO DOS: Realizar la conexión USB y alimentacion del Arduino uno al PC	12
PASO CUATRO: Conectamos la antena SMA	13
PASO CINCO: Cargar programa de ejemplo	13
PASO SEIS: Sentencias de prueba.....	15
WEBGRAFÍA	18

INTRODUCCIÓN

Módulo GPS con antena integrada [L80](#): gracias a las tecnologías EASY (Embedded Assist System) y AlwaysLocate. EASY asegura que el L80 calcule las orbitas automáticamente usando los datos de efemérides (hasta 3 días) almacenados en la memoria flash interna, con esto es capaz de "ubicarse" rápidamente incluso cuando tiene niveles de señal bajos (al interior de un edificio o en entorno urbano denso). AlwaysLocate permite al L80 ajustar los tiempos de ON/OFF automáticamente para obtener balance entre precisión de su ubicación y consumo eléctrico.

El [M95](#) es un módulo GSM/GPRS capaz de operar en 4 bandas. Es uno de los dispositivos más pequeños de su clase en el mundo. Ofrece máxima fiabilidad y robustez. A partir de su diminuto tamaño y facilidad al soldar, puede ser usado en diversidad de aplicaciones tales como voz y datos, SMS, Fax, VTS, PDA, rastreo personal.



Figura 1: Módulo L80 y M95

La integración de estos dos módulos hace una perfecta combinación GSM/GPRS y GPS, puesto que el alcance de sus proyectos no tendrá límite, puesto que por la facilidad de manejo de este shield para Arduino hace una forma muy sencilla de aprender.

DESCRIPCIÓN

La tarjeta M95 L80 para Arduino es un Shield que permite integrar conectividad GSM/GPRS y GPS en sus aplicaciones de Arduino a través de los Módulos de Quectel.

El M95 es un módulo GSM/GPRS capaz de operar en 4 bandas (850/900/1800/1900 MHz), se controla con comandos AT a través del puerto serial del Arduino. Posee un amplio set de funciones, entre las cuales están GPRS/TCP/UDP/PPP/FTP/HTTP/SMS/Voz/FAX, por esto puede ser usado en diversidad de aplicaciones, adicional a esto el GPS L80 está conectado directamente con el módulo M95, lo que hace posible controlar el GPS por comando AT.

La tarjeta incluye todos los componentes necesarios para operar el Modem, tales como regulador e interfaces de sim-card, UART, antena, audio, botones y leds de control

Características Hardware

- Regulador de voltaje: ajustado a 4.2 voltios. Este se alimenta del terminal VIN del Arduino, y esta línea regulada, alimenta al M95.
- Interfaz Serial: Circuito nivelador lógico que adapta los niveles de voltaje entre el M95 y Arduino, para ambas líneas del puerto UART (TX y RX).

Interfaz de "Sim Card": Socket para "Sim Card" de carga frontal. La tarjeta SIM debe empujarse horizontalmente para ajustarla y retirarla.
- Conector Antena: GPS (UFL) y GSM (SMA).

ETAPAS Y CARACTERISTICAS ESPECÍFICAS

1. Entrada de voltaje

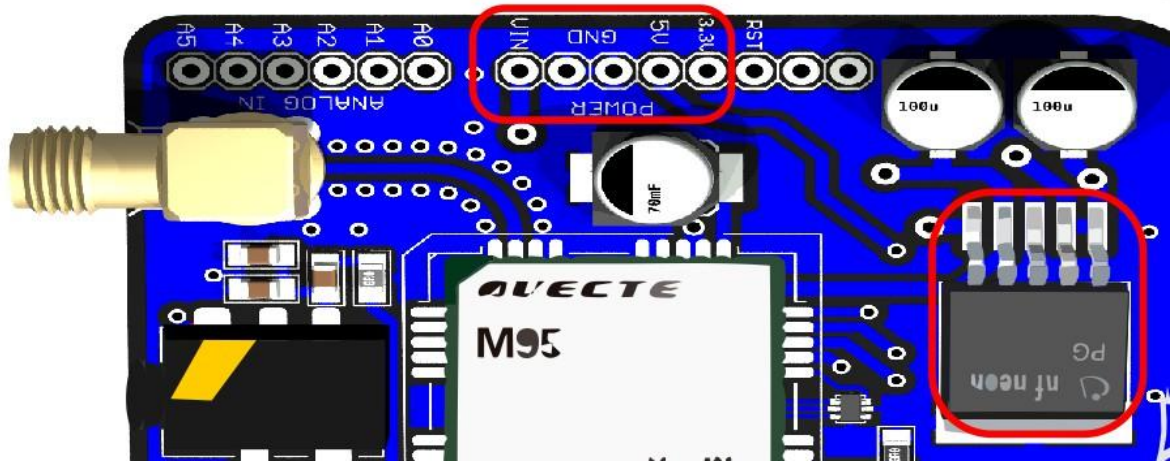


Figura 2: Pines de alimentación.

La alimentación de este shield, se realiza, mediante el pin de VIN de Arduino, es decir que su alimentación se debe apoyar en una fuente externa de 2 A mínimo para garantizar su correcto funcionamiento. Adicional a esto, el módulo GPS, es alimentado por los 3.3V, que posee Arduino.

2. Reset

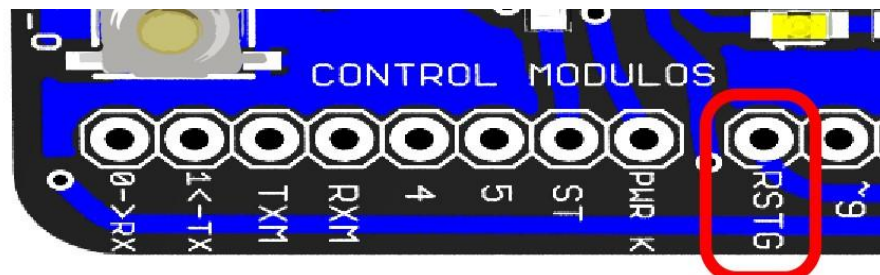


Figura 3: Reset GPS L80

TARJETA M95 L80 ARD

¡ TODO LO QUE NECESITAS PARA DESARROLLAR TUS IDEAS !

Este pin permite reiniciar el módulo GPS este pin está conectado al pin 8 de los pines Arduino, para reiniciar el módulo, lo hacemos con un 0 lógico o estado bajo, esperamos 1s, y luego cambiamos a 1 lógico o estado alto..

La figura 4 muestra las líneas del código arduino de como se configura este pin, y como se crea una función de reset para dicho módulo.

```

sketch_oct03a $
int rst_gps = 8; //Reset del GPS

void setup(){
pinMode(rst_gps, OUTPUT); digitalWrite(rst_gps, HIGH);
}

void rest(){
digitalWrite(rst_gps, LOW);
delay(1000);
digitalWrite(rst_gps, HIGH);
delay(100);
}
    
```

Figura 4: Sentencias de Reset.

3. Pines utilizador para Arduino

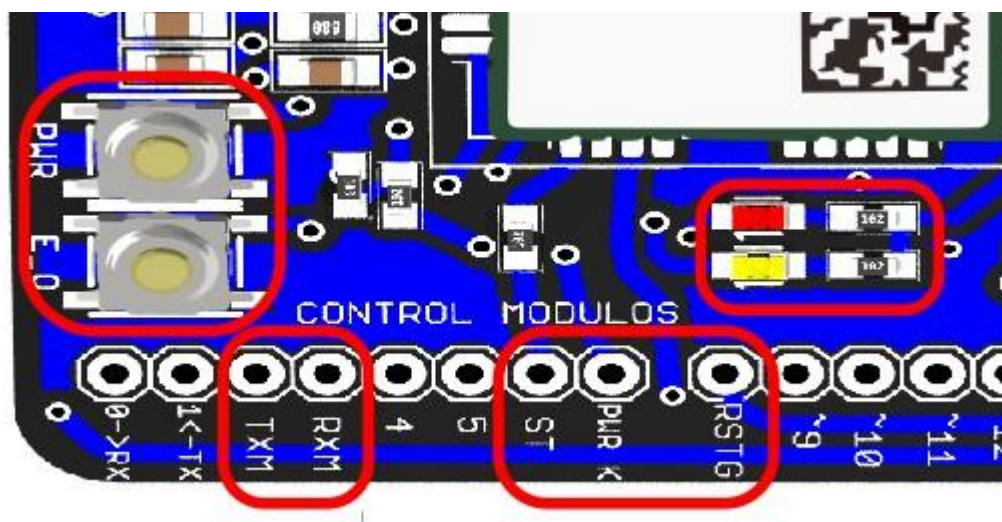


Figura 5: Pines utilizados en Arduino.

Los pines utilizador en Arduino, para controlar este shield son:

PINES UTILIZADOS	
ARDUINO	M95 L80 SHIELD
2	TXM
3	RXM
6	ST
7	PWR K
8	RSTG
VIN	VIN
3.3V	3.3V
GND	GND

- TXM: este pin es el transmisor del módulo M95.
- RXM: este pin es el receptor del módulo M95.
- ST: es el pin de estatus en el M95, que a su vez cuenta con un led amarillo.
- PWR K: es el pin de apagado, que se controla por arduino, o por un pulsador externo integrado en el shield.
- RSTG: es el pin de reset del GPS.
- VIN: voltaje de alimentación del shield.
- 3.3V: voltaje de alimentación del L80.
- GND: tierra de referencia.

Adicional a estos pines, este shield cuenta con un pulsador de apagado de emergencia (E_O) para el módulo M95.

4. Conectores de antenas

El shield cuenta con dos conectores de antena, en la figura 6 tenemos el conector SMA, para la antena del módulo M95, donde puedes incluir cualquiera de [estas](#) antenas.

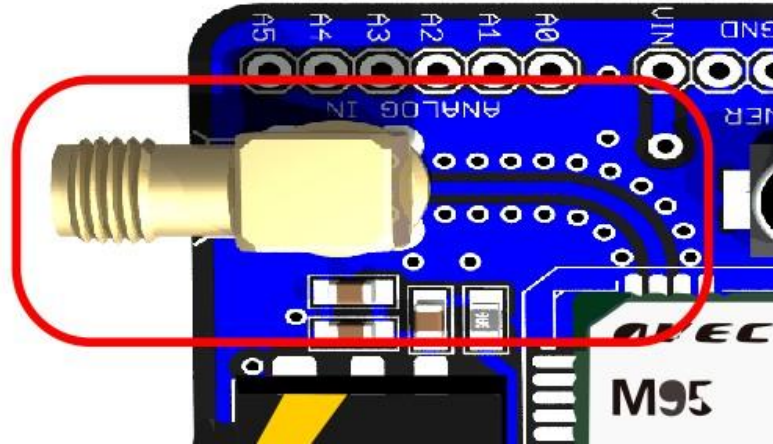


Figura 6: Conector SMA del M95

El conector UFL de la figura 7, es opcional, para conectar una antena al GPS, si las condiciones de funcionamiento son muy complejas en señal, se puede utilizar un [convertidor](#) de UFL a SMA, para utilizar esta [antena](#).

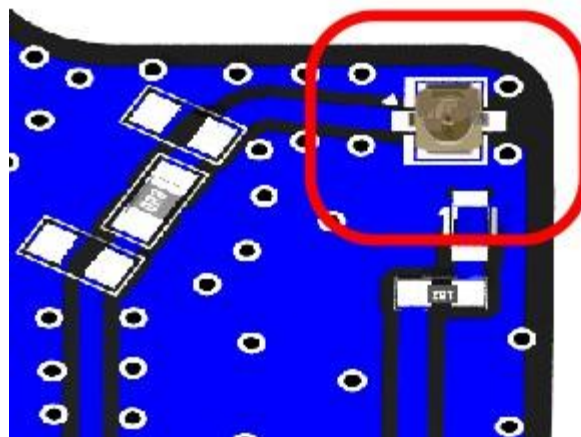


Figura 7: Conector UFL del L80.

5. Socket sim card retráctil

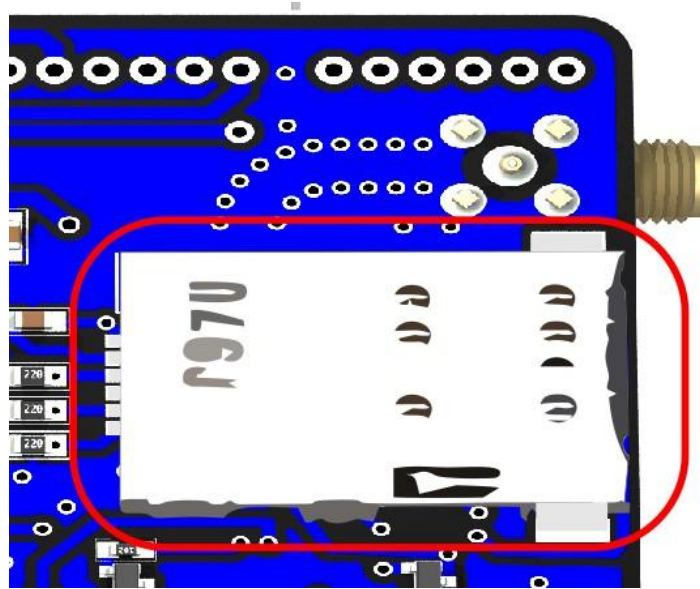


Figura 8: Socket sim card.

Este socket, permite el uso de sim cards de tamaño estándar, y con una gran ventaja, que es retráctil, soporta cualquiera de los tres operadores en Colombia el módulo M95.

6. Conector de micrófono y audio.

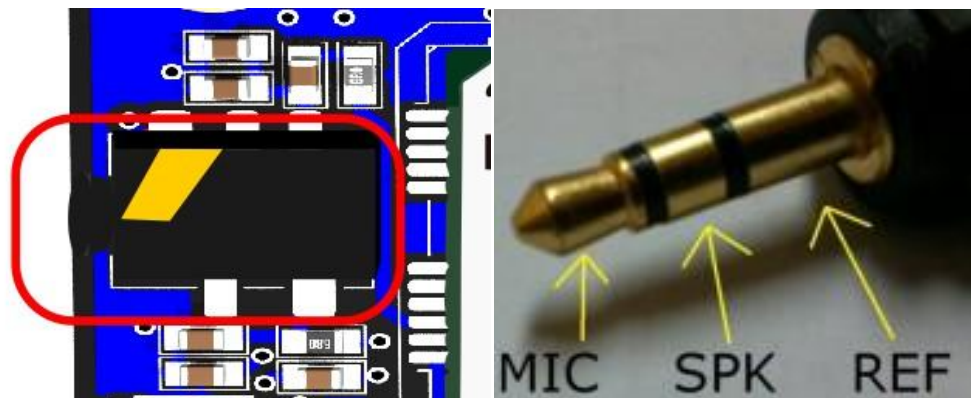


Figura 9: conector micrófono y audio.

El Shield posee un conector de 3.5mm para conexión de audífono y micrófono tipo “manos libres”. El módulo manos libres (no incluido) que debe usarse en este conector,

TARJETA M95 L80 ARD

¡ TODO LO QUE NECESITAS PARA DESARROLLAR TUS IDEAS !

debe tener la conexión del micrófono (“MIC”) en la punta del Plug, la conexión del audífono (o audífonos) en el punto central (“SPK”), y la referencia (“REF” o “GND”) en la base del mismo.

7. Indicadores

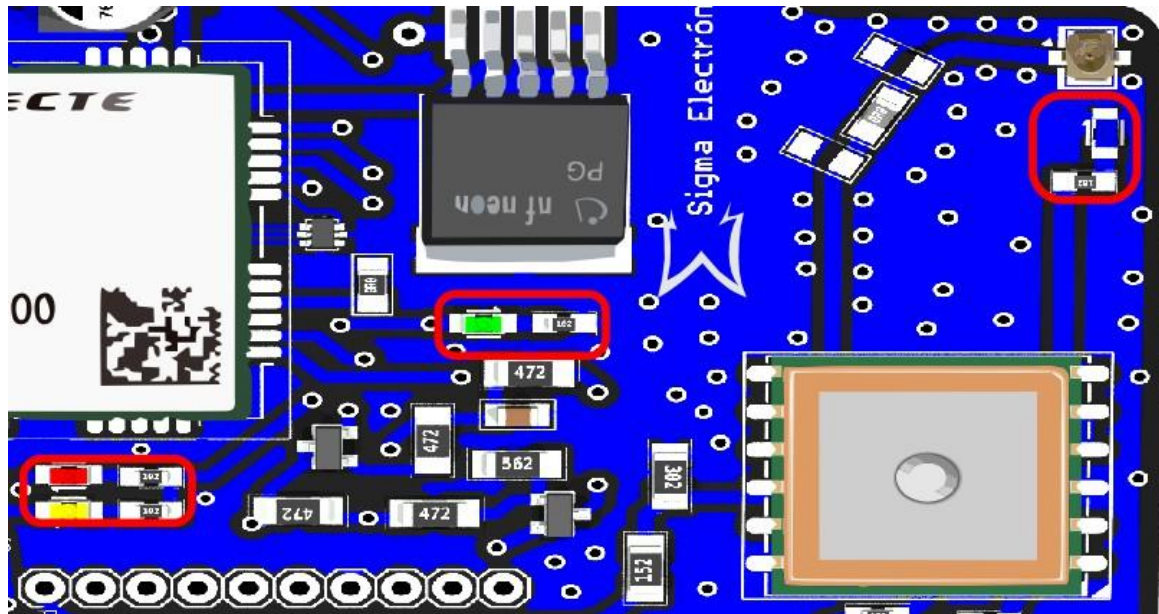


Figura 10: Indicadores led del shield.

- Led Azul, indica si el L80 está o no.
- Led Verde, indica si el shield está alimentado o no.
- Led Amarillo, este led indica el status del módem, es decir si esta encendido el M95 o no.
- Led Rojo, indica el estado de registro en la red de telefonía, es decir, con una sim card insertada, y encendido el M95, el led rojo, comenzara a parpadear rápidamente, pero cuando se registre en la red celular, el led parpadeará más lento.

FUNCIONAMIENTO

El funcionamiento de este shield se va a mostrar con un ejemplo básico, el cual consta de verificar unos comandos y datos del modulo M95 L80.

Se necesita:

[Arduino UNO](#)

[M95+L80 SHIELD](#)

[ANTENA GSM MAG](#)

Fuente de 12V - 2A

PASO UNO: Conectar el shield a Arduino Uno



Figura 11: Conexión del Shield a Arduino

TARJETA M95 L80 ARD

¡ TODO LO QUE NECESITAS PARA DESARROLLAR TUS IDEAS !

Al colocar el Shield en Arduino, vamos a verificar el sentido de la tarjeta, nos podemos guiar con el conector de la sim card que este en el lado al cable USB de Arduino, o sobre los pines ISP del Arduino.

PASO DOS: Realizar la conexión USB y alimentación del Arduino uno al PC

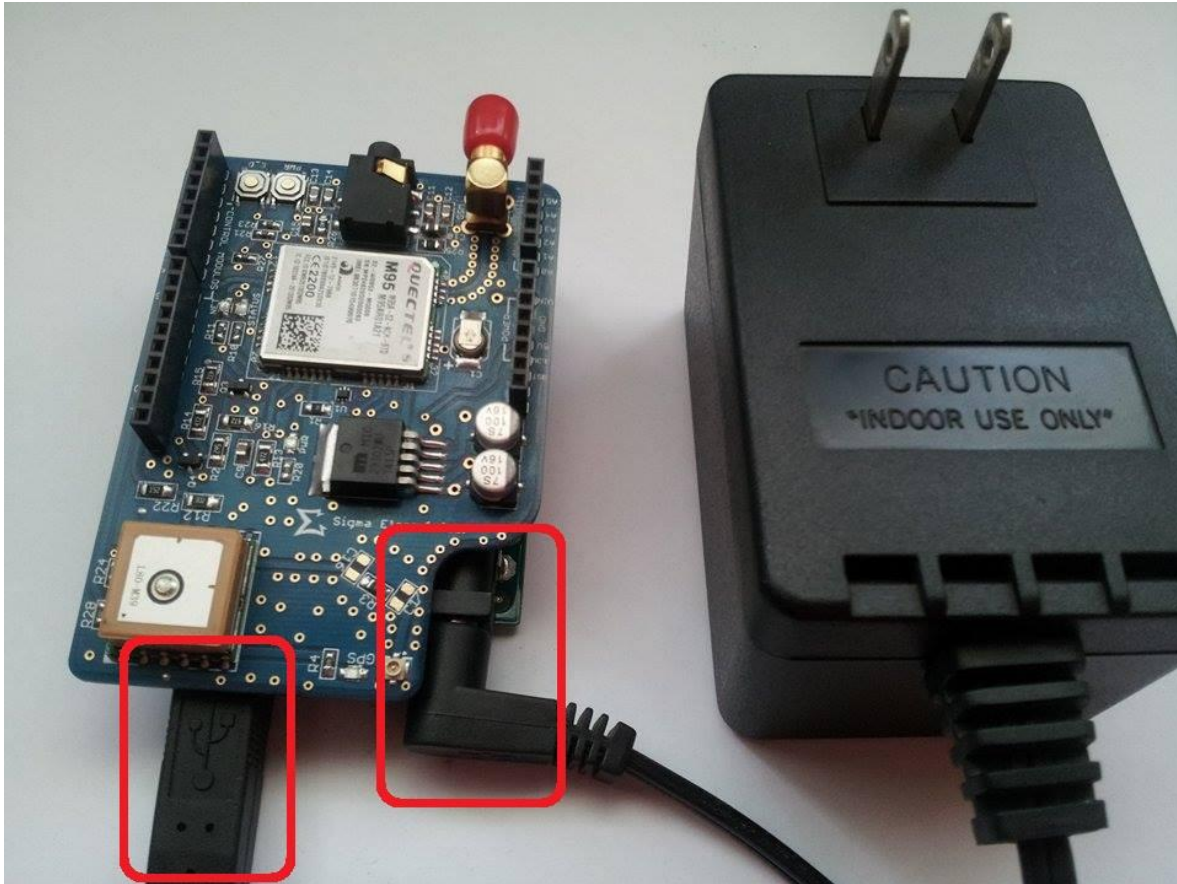


Figura 11: Conexión USB y alimentación.

Nos disponemos a programar nuestro Arduino Uno, así que realizamos la conexión del cable USB, y el cable de alimentación de la fuente externa de 12-17V a 2A (min), lo que alimentará el shield y encenderá el led verde.

PASO CUATRO: Conectamos la antena SMA



Figura 11: Conexión de la antena.

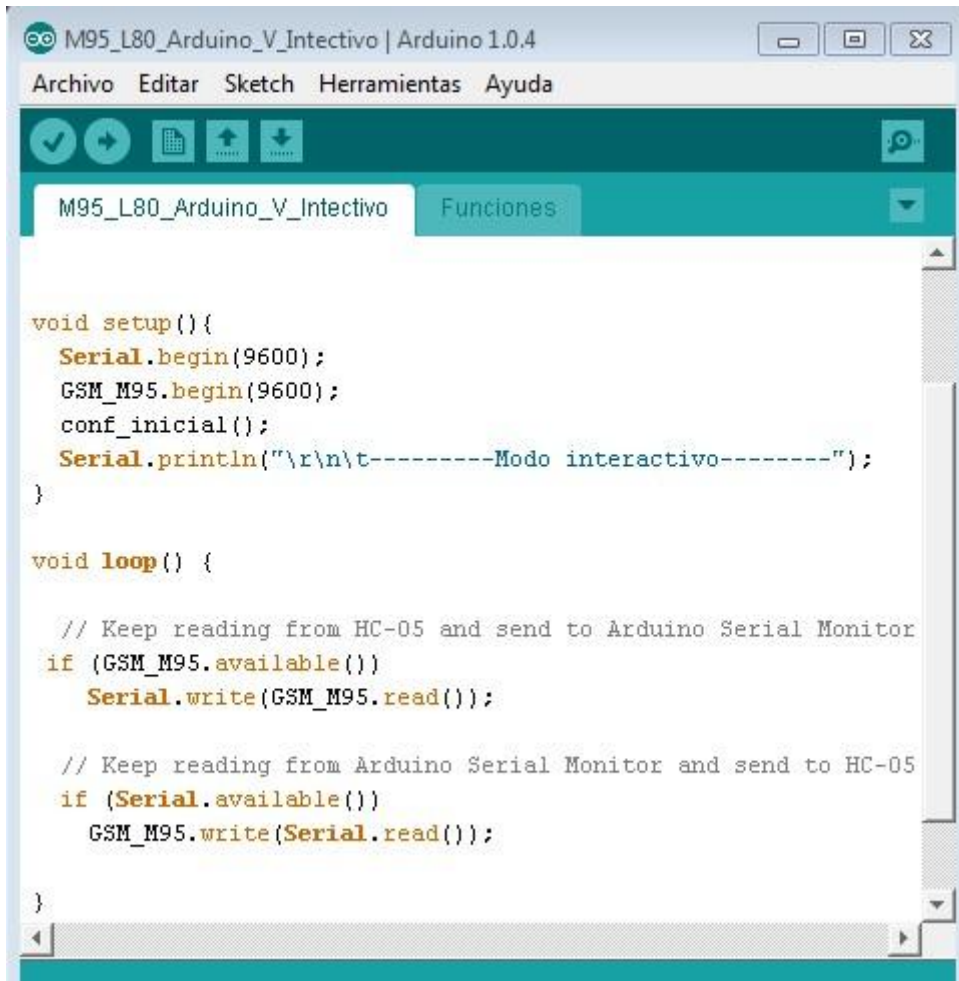
PASO CINCO: Cargar programa de ejemplo

Antes de cargar el programa debemos tener en cuenta que es recomendable apagar el módulo M95 antes de programarlo, es decir si previamente ha estado encendido, es decir, si el led rojo esta parpadeando “esta encendido”, entonces oprimimos el pulsador E_0, y veremos que el led rojo deja de parpadear y se apaga.



Figura 12: Pulsador de apagado E_0.

Después de abrir nuestro Software de programación, vamos a utilizar el siguiente [código](#) para realizar la programación del Arduino Uno. (Más [códigos Ejemplo](#))



```
void setup(){
  Serial.begin(9600);
  GSM_M95.begin(9600);
  conf_inicial();
  Serial.println("\r\n\t-----Modo interactivo-----");
}

void loop() {

  // Keep reading from HC-05 and send to Arduino Serial Monitor
  if (GSM_M95.available())
    Serial.write(GSM_M95.read());

  // Keep reading from Arduino Serial Monitor and send to HC-05
  if (Serial.available())
    GSM_M95.write(Serial.read());

}
```

Figura 13: Interfaz Arduino con programa prueba.

Este código consta de una función adicional, que permite las configuraciones respectivas del modem, previamente a su funcionamiento, este código, no va a servir para comunicarnos con el modulo M95, de manera transparente.

Cargamos el programa a nuestro Arduino Uno, en donde encenderá el led amarillo, y luego parpadea el led rojo.

PASO SEIS: Sentencias de prueba.

Luego de haber cargado el programa en nuestro Arduino Uno, abrimos el monitor de Arduino, y podremos ver la figura 14, donde cargan unos parámetros de configuración básicos, se debe tener en cuenta que la velocidad de transferencia debe ser de 9600.

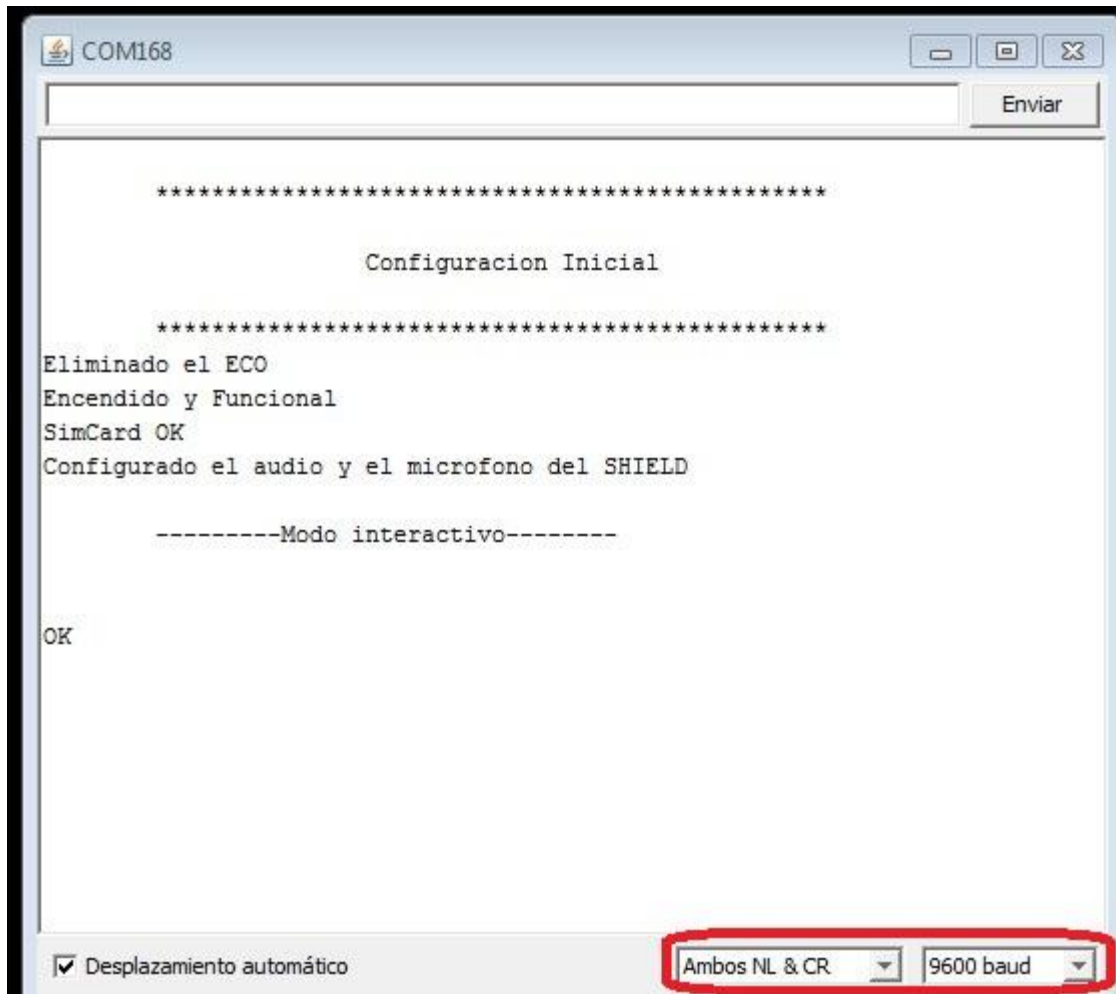


Figura 14: Terminal serial de Arduino

Ahora cuando usemos los [comandos AT](#) del modem M95 damos enter y esperamos una respuesta en el terminal, como en la Figura 15.

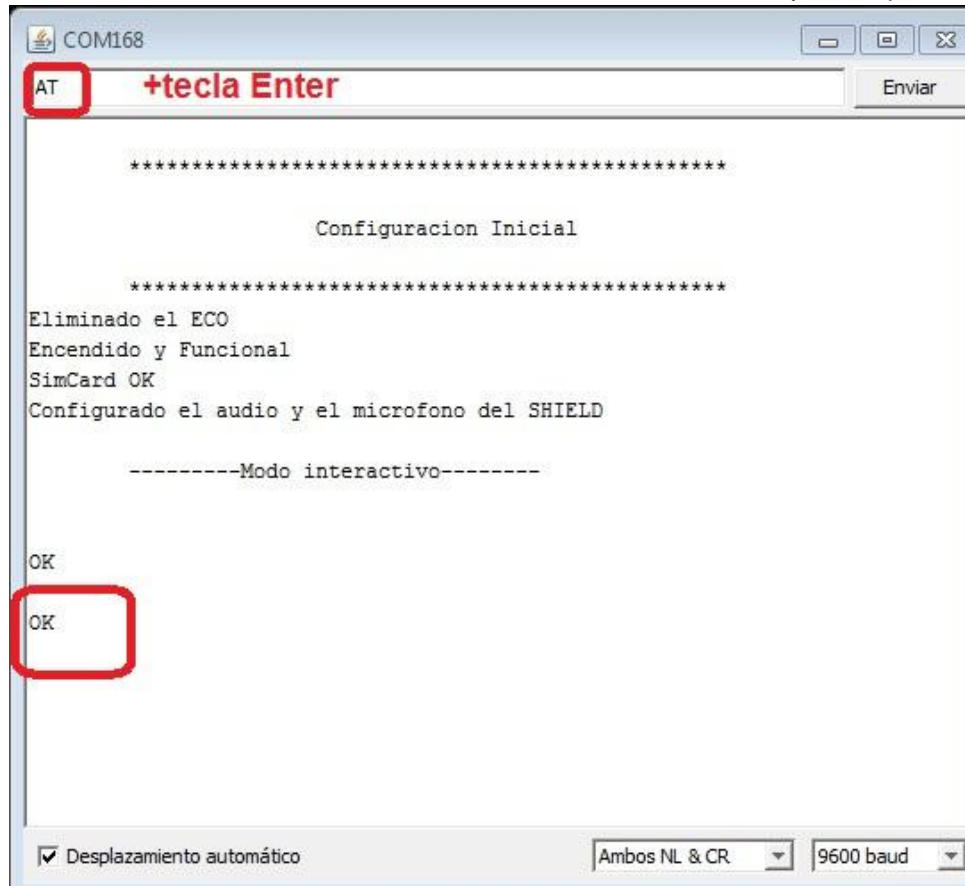


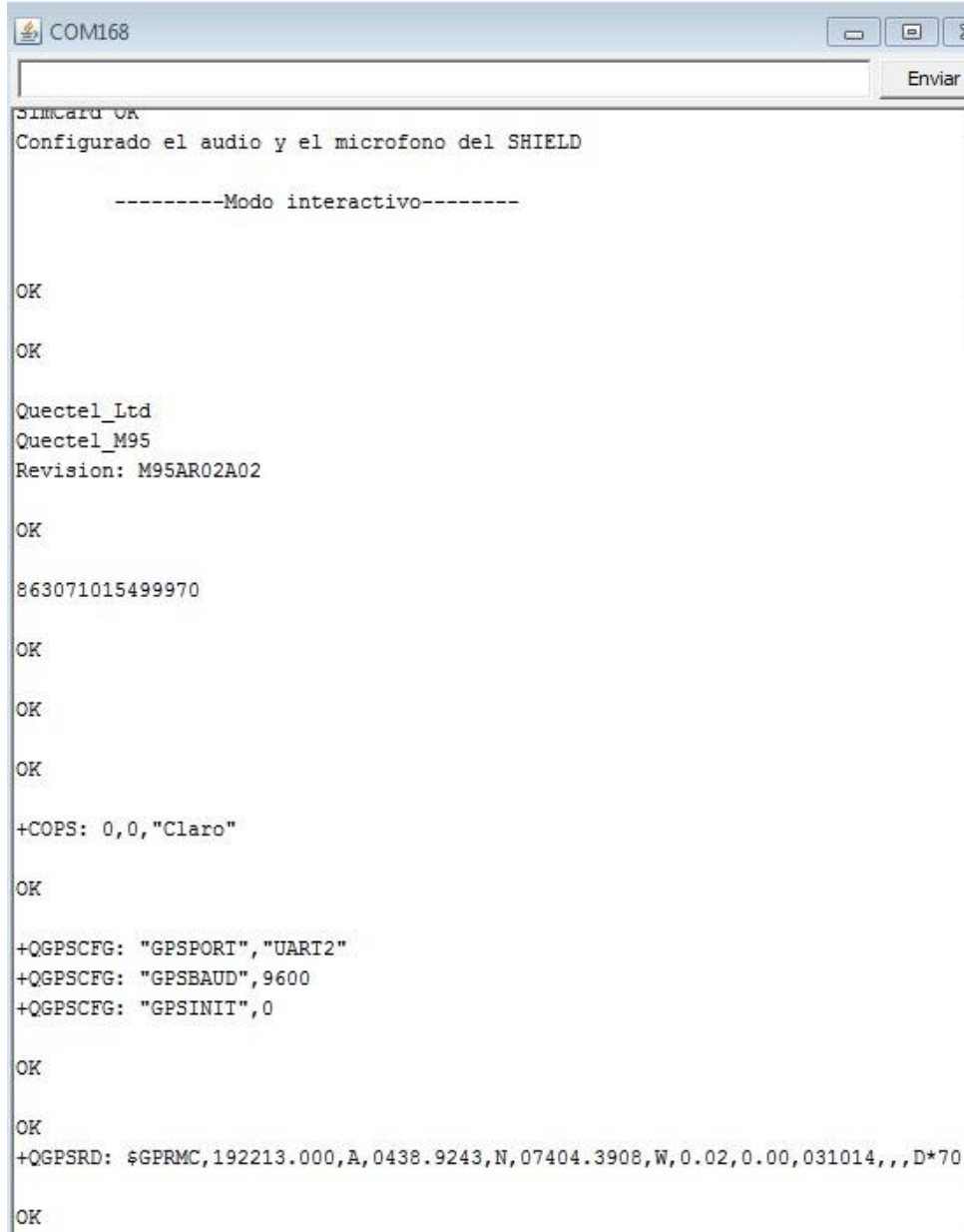
Figura 15: Terminal serial de Arduino comando AT

Ahora vamos a seguir la siguiente secuencia de comando, para ver el comportamiento del shield.

-----Comandos-----

AT
 ATI (entrega los datos del Modem)
 AT+GSN (Entrega el IMEI)
 ATD*611; (llama a un numero en este caso el *611, al final debe ir ;)
 ATH (Finaliza una llamada)
 AT+COPS? (entrega el operador de la Sim Card)
 AT+QGPSCFG? (Verifica el puerto del GPS).
 AT+QGPSCFG="GPSINIT",1 (Activa el GPS).
 AT+QGPSRD="NMEA/RMC" (Lee la trama RMC del GPS)

Después de escribir los comandos anteriores tendremos:



```

COM168
SIMCard OK
Configurado el audio y el microfono del SHIELD

-----Modo interactivo-----

OK

OK

Quectel_Ltd
Quectel_M95
Revision: M95AR02A02

OK

863071015499970

OK

OK

OK

+COPS: 0,0,"Claro"

OK

+QGPSCFG: "GPSRTT", "UART2"
+QGPSCFG: "GPSBAUD", 9600
+QGPSCFG: "GPSINIT", 0

OK

OK

+QGPSRD: $GPRMC,192213.000,A,0438.9243,N,07404.3908,W,0.02,0.00,031014,,D*70

OK
    
```

Figura 16: Resultado Trama de comandos

Dudas, inquietudes o sugerencias sobre este producto, contacte a ingenieria@sigmaelectronica.net

Elaboró: Ing. Juan C. Guarnizo B.

WEBGRAFÍA

- Hoja de diseño del M95. Visto en:
http://www.sigmaelectronica.net/docs/M95_HD_V1.2.pdf (Recuperado: 31-06-14)
- Comandos AT M95. Visto en:
http://www.sigmaelectronica.net/docs/M95_AT_Commands_Manual_V1.2.pdf
(Recuperado: 31-06-14)
- Comandos del GPS con el M95. Visto en:
http://www.sigmaelectronica.net/docs/GSM_UART_GNSS_Application_Note_V3.0.pdf (Recuperado: 31-06-14)
- Hoja de diseño del L80 Visto en:
http://www.sigmaelectronica.net/docs/L80_GPS_Protocol_Specification_V1.0.pdf
(Recuperado: 31-06-14)
- Protocolo del L80 Visto en:
http://www.sigmaelectronica.net/docs/L80_GPS_Protocol_Specification_V1.0.pdf
(Recuperado: 31-06-14)



**MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y
DESARROLLO TERRITORIAL**

**RESOLUCIÓN NÚMERO
(610)**

24 de marzo de 2010

“Por la cual se modifica la Resolución 601 del 4 de abril de 2006”

EL MINISTRO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL

En uso de sus facultades legales y en especial las conferidas por los numerales 10, 11 y 14 del artículo 5 de la Ley 99 de 1993, y los artículos 6, 10 y 12 del Decreto 948 de 1995, y

CONSIDERANDO:

Que mediante la Resolución 601 de 2006 de este Ministerio, se establece la Norma de Calidad del Aire o Nivel de Inmisión, para todo el territorio nacional en condiciones de referencia.

Que de conformidad con el concepto técnico de octubre de 2009 y la información recolectada por la Dirección de Desarrollo Sectorial Sostenible del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, se hace necesario realizar ajustes a la Resolución 601 de 2006.

Que en mérito de lo expuesto,

RESUELVE

ARTÍCULO PRIMERO.- Modificar el Anexo 1 de la Resolución 601 de 2006 el cual quedará así:

“Aire: Fluido que forma la atmósfera de la Tierra, constituido por una mezcla gaseosa cuya composición normal es de por lo menos 20% de oxígeno, 77% de nitrógeno y proporciones variables de gases inertes y vapor de agua en relación volumétrica.

Área-Fuente: Es una determinada zona o región, urbana, suburbana o rural, que por albergar múltiples fuentes fijas de emisión, es considerada como un área especialmente generadora de sustancias contaminantes del aire.

Atmósfera: Es la capa gaseosa que rodea a la Tierra.

CO (Monóxido de carbono): Gas inflamable, incoloro e insípido que se produce por la combustión de combustibles fósiles.

“Por la cual se modifica la Resolución 601 del 4 de abril de 2006”

Concentración de una Sustancia en el Aire: Es la relación que existe entre el peso o el volumen de una sustancia y la unidad de volumen de aire en la cual está contenida.

Condiciones de Referencia: Son los valores de temperatura y presión con base en los cuales se fijan las normas de calidad del aire y de las emisiones, que respectivamente equivalen a 25 °C y 760 mm Hg (1 atmósfera de presión).

Contaminación Atmosférica: Es el fenómeno de acumulación o de concentración de contaminantes en el aire.

Contaminantes: Fenómenos físicos o sustancias, o elementos en estado sólido, líquido o gaseoso, causantes de efectos adversos en el medio ambiente, los recursos naturales renovables y la salud humana que, solos o en combinación, o como productos de reacción, se emiten al aire como resultado de actividades humanas, de causas naturales, o de una combinación de éstas.

Emisión: Descarga de una sustancia o elemento al aire, en estado sólido, líquido o gaseoso, o en alguna combinación de estos, provenientes de una fuente fija o móvil.

Episodio o Evento: Es la ocurrencia o acaecimiento de un estado tal de concentración de contaminantes en el aire que, dados sus valores y tiempo de duración o exposición, impone la declaratoria por la autoridad ambiental competente, de alguno de los niveles de contaminación, distinto del normal.

Fuente de Emisión: Actividad, proceso u operación, realizado por los seres humanos, o con su intervención, susceptible de emitir contaminantes al aire.

Fuente Fija: Fuente de emisión situada en un lugar determinado e inamovible, aun cuando la descarga de contaminantes se produzca en forma dispersa.

Fuente Móvil: Es la fuente de emisión que, por razón de su uso o propósito, es susceptible de desplazarse, como los automotores o vehículos de transporte a motor de cualquier naturaleza.

Inmisión: Transferencia de contaminantes de la atmósfera a un “receptor”. Se entiende por inmisión a la acción opuesta a la emisión. Aire inmiscible es el aire respirable a nivel de la troposfera.

Media Móvil: Se calcula del mismo modo que el promedio aritmético para una cantidad n de datos y se va recalculando a medida que se agregan nuevos datos, partiendo del último dato agregado y manteniendo siempre el número de datos correspondiente a la cantidad definida.

NO₂ (Dióxido de Nitrógeno): Gas de color pardo rojizo fuertemente tóxico cuya presencia en el aire de los centros urbanos se debe a la oxidación del nitrógeno atmosférico que se utiliza en los procesos de combustión en los vehículos y fábricas.

Norma de Calidad del Aire o Nivel de Inmisión: Es el nivel de concentración legalmente permisible de sustancias o fenómenos contaminantes presentes en el aire, establecido por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, con el fin de preservar la buena calidad del medio ambiente, los recursos naturales renovables y la salud humana.

“Por la cual se modifica la Resolución 601 del 4 de abril de 2006”

Nivel Normal (Nivel I): Es aquel en que la concentración de contaminantes en el aire y su tiempo de exposición o duración son tales, que no producen efectos nocivos, directos ni indirectos, en el medio ambiente o la salud humana.

Nivel de Prevención (Nivel II): Es aquel que se presenta cuando las concentraciones de los contaminantes en el aire y su tiempo de exposición o duración, causan efectos adversos y manifiestos, aunque leves, en la salud humana o en el medio ambiente tales como irritación de las mucosas, alergias, enfermedades leves de las vías respiratorias o efectos dañinos en las plantas, disminución de la visibilidad u otros efectos nocivos evidentes.

Nivel de Alerta (III): Es aquel que se presenta cuando la concentración de contaminantes en el aire y su duración o tiempo de exposición, puede causar alteraciones manifiestas en el medio ambiente o la salud humana y en especial alteraciones de algunas funciones fisiológicas vitales, enfermedades crónicas en organismos vivos y reducción de la expectativa de vida en la población expuesta.

Nivel de Emergencia (IV): Es aquel que se presenta cuando la concentración de contaminantes en el aire y su tiempo de exposición o duración, puede causar enfermedades agudas o graves u ocasionar la muerte de organismos vivos, y en especial de los seres humanos.

O₃ (Ozono): Gas azul pálido que, en las capas bajas de la atmósfera, se origina como consecuencia de las reacciones entre los óxidos de nitrógeno y los hidrocarburos (gases compuestos de carbono e hidrógeno principalmente) en presencia de la luz solar.

PST (Partículas Suspendidas Totales): Material particulado que incluye tanto a la fracción inhalable como a las mayores de 10 micras, que no se sedimentan en periodos cortos sino que permanecen suspendidas en el aire debido a su tamaño y densidad.

PM10 (Material Particulado Menor a 10 Micras): Material particulado con un diámetro aerodinámico menor o igual a 10 micrómetros nominales.

PM2.5 (Material Particulado Menor a 2,5 Micras): Material particulado con un diámetro aerodinámico menor o igual a 2,5 micrómetros nominales.

Promedio Aritmético: Es la sumatoria de todos los datos a promediar, dividido por el número total de datos.

Promedio Geométrico: Es la raíz enésima del producto de todos los datos a promediar. Para su cálculo se debe utilizar la siguiente ecuación:

$$G = \sqrt[n]{X1 * X2 * X3 Xn}$$

Donde:

G: Promedio Geométrico

X1 * X2 * X3**Xn: Datos a promediar

Sistema de Vigilancia de la Calidad del Aire: Conjunto de equipos de medición de calidad del aire instalados sistemáticamente para verificar el cumplimiento de uno o varios de los objetivos de vigilancia de calidad del aire previstos en el Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire.

SO₂ (Dióxido de Azufre): Gas incoloro, no inflamable que posee un fuerte olor en altas concentraciones.

“Por la cual se modifica la Resolución 601 del 4 de abril de 2006”

Sustancias Peligrosas: Son aquellas que aisladas o en combinación con otras, por sus características infecciosas, tóxicas, explosivas, corrosivas, inflamables, volátiles, combustibles, radiactivas o reactivas, pueden causar daño a la salud humana, a los recursos naturales renovables o al ambiente.

Tiempo de Exposición: Es el lapso de duración de un episodio o evento de contaminación.”

ARTÍCULO SEGUNDO.- Modificar el Artículo 4 de la Resolución 601 de 2006, el cual quedará así:

“Artículo 4. Niveles Máximos Permisibles para Contaminantes Criterio. En la Tabla 1 se establecen los niveles máximos permisibles a condiciones de referencia para contaminantes criterio, los cuales se calculan con el promedio geométrico para PST y promedio aritmético para los demás contaminantes.

Tabla 1. Niveles máximos permisibles para contaminantes criterio

Contaminante	Nivel Máximo Permissible ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Tiempo de Exposición
PST	100	Anual
	300	24 horas
PM10	50	Anual
	100	24 horas
PM2.5	25	Anual
	50	24 horas
SO ₂	80	Anual
	250	24 horas
	750	3 horas
NO ₂	100	Anual
	150	24 horas
	200	1 hora
O ₃	80	8 horas
	120	1 hora
CO	10.000	8 horas
	40.000	1 hora

Parágrafo Primero: Las autoridades ambientales competentes deberán iniciar la medición de PM2.5, cuando se presente incumplimiento de alguno de los niveles máximos permisibles de PM10. Sin perjuicio de lo anterior, las autoridades ambientales pueden medir PM2.5, de acuerdo con lo establecido en el Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire.

Parágrafo Segundo: Las autoridades ambientales competentes que a la fecha de publicación de la presente resolución operen medidores de PST deberán mantenerlos operando siempre que se presente incumplimiento de los niveles máximos permisibles, de acuerdo con lo establecido en el Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire.

Parágrafo Tercero: Las autoridades ambientales competentes deben realizar las mediciones de los contaminantes criterio establecidos en el presente artículo, de acuerdo con los procedimientos, frecuencias y metodología establecidas en el Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire que adoptará el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

“Por la cual se modifica la Resolución 601 del 4 de abril de 2006”

Parágrafo Transitorio: Hasta el 31 de diciembre de 2010 el nivel máximo permisible anual de PM10 será de 60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y el nivel máximo permisible para 24 horas de PM10 será de 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Los niveles máximos permisibles para PM2.5 empezarán a regir a partir del 1 de enero de 2011.

ARTÍCULO TERCERO.- Modificar el Artículo 5 de la Resolución 601 de 2006, el cual quedara así:

“Artículo 5. Niveles Máximos Permisibles para Contaminantes No Convencionales con Efectos Carcinogénicos y Umbrales para las Principales Sustancias Generadoras de Olores Ofensivos. En la Tabla 2 se establecen los niveles máximos permisibles para contaminantes no convencionales con efectos carcinogénicos y en la Tabla 3 se establecen los umbrales para las principales sustancias generadoras de olores ofensivos.

Tabla 2. Niveles máximos permisibles para contaminantes no convencionales con efectos carcinogénicos

Contaminante No Convencional	Nivel Máximo Permisible ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Tiempo de Exposición
Benceno	5	Anual
Plomo y sus compuestos	0,5	Anual
	1,5	24 horas
Cadmio	5×10^{-3}	Anual
Mercurio inorgánico (vapores)	1	Anual
Tolueno	260	1 semana
	1.000	30 minutos
Vanadio	1	24 horas

Tabla 3. Umbrales para sustancias generadoras de olores ofensivos

Contaminante	Umbral ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Acetaldehído ($\text{C}_2\text{H}_4\text{O}$)	380
Ácido Butírico ($\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2$)	4,0
Amoníaco (NH_3)	35,0
Clorofenol ($\text{C}_6\text{H}_5\text{ClO}$)	0,1
Dicloruro de azufre (SCl_2)	4,2
Etil mercaptano ($\text{C}_2\text{H}_5\text{SH}$)	0,5
Etil acrilato ($\text{C}_5\text{H}_8\text{O}_2$)	2,0
Estireno (C_8H_8)	200
Monometil amina (CH_5N)	27,0
Metil mercaptano (CH_3SH)	4,0
Nitrobenceno ($\text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2$)	24,0
Propil mercaptano ($\text{C}_3\text{H}_8\text{S}$)	22,0
Butil mercaptano ($\text{C}_4\text{H}_{10}\text{S}$)	3,0
Sulfuro de dimetilo ($\text{C}_2\text{H}_5\text{S}$)	5,0
Sulfuro de hidrógeno (H_2S)	7,0

Parágrafo: Dependiendo de las actividades que se desarrollen en el área de su jurisdicción, las autoridades ambientales competentes deben realizar mediciones, con el fin de identificar las concentraciones de contaminantes no convencionales establecidos en la Tabla 2 y las de aquellas sustancias previstas en la Tabla 3 que generan olores ofensivos.

“Por la cual se modifica la Resolución 601 del 4 de abril de 2006”

Como guía para la autoridad ambiental competente, el Anexo 2 de la presente resolución contiene las actividades y procesos industriales susceptibles de generar contaminantes no convencionales de acuerdo con la Clasificación Industrial Internacional (CIIU) Revisión 3, adaptada para Colombia.”

ARTÍCULO CUARTO.- Modificar el Artículo 6 de la Resolución 601 de 2006, el cual quedará así:

“Artículo 6. Procedimientos de Medición de la Calidad del Aire: El Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial adoptará a nivel nacional el Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire, el cual será elaborado por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) dentro de los seis (6) meses siguientes a la publicación de la presente resolución. Dicho protocolo contendrá las especificaciones generales para la ubicación y el diseño de Sistemas de Vigilancia de la Calidad del Aire, para lo cual tendrá en cuenta las condiciones meteorológicas, geográficas, actividades económicas, infraestructura de transporte, población y en general todos aquellos factores que incidan en la calidad del aire y la salud de las poblaciones; la periodicidad y condiciones para el monitoreo; los recursos necesarios para el montaje, operación y seguimiento de los sistemas de vigilancia de la calidad del aire; el índice nacional de calidad del aire y la definición de indicadores para el monitoreo de la calidad del aire, entre otras. Dicho protocolo será de obligatorio cumplimiento.

Parágrafo Primero: Mientras este Ministerio adopta el Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de Calidad del Aire, se seguirán los procedimientos establecidos por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (US-EPA).

Parágrafo Segundo: El Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) adoptará dentro de los seis (6) meses siguientes a la publicación de la presente resolución, los métodos de medición de contaminantes que se deben utilizar para el cumplimiento del Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire. Siempre se deberá utilizar la última versión publicada en la página Web del IDEAM.

Parágrafo Tercero: Mientras el IDEAM adopta los métodos de medición de contaminantes señalados en el parágrafo anterior, se seguirán los métodos establecidos por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (US-EPA).

Parágrafo Cuarto: Las Autoridades Ambientales Regionales, las de Desarrollo Sostenible y las autoridades ambientales a que se refieren el artículo 66 de la ley 99 de 1993 y el artículo 13 de la Ley 768 de 2002 tendrán un plazo máximo de un (1) año, contado a partir de la publicación del acto administrativo que adopte el Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire, para diseñar o ajustar los Sistemas de Vigilancia de la Calidad del Aire conforme a los criterios establecidos en el mencionado protocolo.

Se contará con dos (2) años a partir de la publicación del acto administrativo que adopte el Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire para poner en funcionamiento el Sistema de Vigilancia de la Calidad del Aire, conforme a los criterios establecidos en el mencionado protocolo.

Parágrafo Quinto: Con base en la información generada por los Sistemas de Vigilancia de la Calidad del Aire operando de acuerdo con lo establecido en el

“Por la cual se modifica la Resolución 601 del 4 de abril de 2006”

Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire, las autoridades ambientales deberán elaborar o modificar los Programas de Prevención y Control de la Contaminación Atmosférica que deban implementar.”

ARTÍCULO QUINTO.- Modificar el Artículo 8 de la Resolución 601 de 2006, el cual quedará así:

“Artículo 8. Mediciones de Calidad del Aire por las Autoridades Ambientales. Las autoridades ambientales competentes están obligadas a realizar mediciones de calidad del aire en el área de su jurisdicción, de conformidad con lo establecido en la presente resolución.

Parágrafo Primero: Cuando las concentraciones de contaminantes en el aire puedan generar problemas a la salud de la población, las autoridades ambientales competentes informarán a las autoridades de salud, para que tomen las medidas a que haya lugar. Igualmente, la autoridad ambiental competente deberá contar con los equipos, herramientas y personal necesarios para mantener un monitoreo permanente que le permita determinar el origen de los mismos, diseñar programas de reducción de la contaminación que incluyan las medidas a que haya lugar para minimizar el riesgo sobre la salud de la población expuesta.

Parágrafo Segundo: Las autoridades ambientales competentes están obligadas a informar al público sobre la calidad del aire de todos los parámetros e indicadores establecidos, presentando sus valores, su comparación con los niveles máximos permisibles, su significado y su impacto sobre el ambiente en el área de influencia. Esta información deberá ser difundida por lo menos cada tres (3) meses a través de los medios de comunicación para conocimiento de la opinión pública.

Parágrafo Tercero: Las autoridades ambientales que usen modelos de dispersión de contaminantes deberán basarse en los modelos recomendados por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (US-EPA) mientras el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial adopta la Guía Nacional de Modelación de Calidad del Aire.

ARTÍCULO SEXTO.- Modificar el Artículo 10 de la Resolución 601 de 2006, el cual quedará así:

“Artículo 10. Declaración de los Niveles de Prevención, Alerta y Emergencia por Contaminación del Aire. La concentración a condiciones de referencia y el tiempo de exposición bajo los cuales se debe declarar por parte de las autoridades ambientales competentes los estados excepcionales de Prevención, Alerta y Emergencia, se establecen en la Tabla 4.

Tabla 4. Concentración y tiempo de exposición de los contaminantes para los niveles de prevención, alerta y emergencia

Contaminante	Tiempo de Exposición	Estados Excepcionales		
		Prevención ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Alerta ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Emergencia ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
PST	24 horas	375	625	875
PM10	24 horas	300	400	500
SO ₂	24 horas	500	1.000	1.600
NO ₂	1 hora	400	800	2.000
O ₃	1 hora	350	700	1.000
CO	8 horas	17.000	34.000	46.000

“Por la cual se modifica la Resolución 601 del 4 de abril de 2006”

Parágrafo: Cuando en un mismo sitio de monitoreo y en los mismos horarios se estén realizando mediciones de PST y de PM10, prevalecerán las concentraciones de PM10 para declarar los niveles de Prevención, Alerta y Emergencia.”

ARTÍCULO SÉPTIMO.- VIGENCIA. La presente resolución rige a partir de la fecha de su publicación.

PUBLÍQUESE Y CÚMPLASE

Dada en Bogotá D.C., a los **24 MARZO 2010**

CARLOS COSTA POSADA
Ministro de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial

Elaboró: C. Rodríguez/A. Valencia
Revisó: C. Buitrago
Fecha: 10/03/10

PROTOTIPO DE UN SISTEMA DOMÓTICO PARA EL MONITOREO DEL MONÓXIDO DE CARBONO EN HOGARES.	
Elaborado por	Autores.
Descripción	Describir las actividades necesarias para llevar a culminación del proyecto, a su vez ejecutar el apartado de pruebas.
Fecha elaboración	17 de diciembre de 2015
Fecha ejecución	-----
Ubicación.	-----

1. ANTECEDENTES (PROBLEMAS Y CUESTIONES)
Este documento nace en necesidad de presentar detalladamente las actividades que se realizaran en la ejecución del proyecto en contexto, junto con las pruebas que se realizaran.

2. OBJETIVO(S)
<p><i>General(es):</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Visualizar los niveles de gas en una situación real.</i> • <i>Realizar las pruebas necesarias con el fin de evidenciar resultados</i> • <i>Documentar las lecciones aprendidas.</i> • <i>Tomar registro fotográfico para anexar al documento base.</i> • <i>Mejorar el prototipo</i>

3. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA Y/O EQUIPOS A INTERVENIR
<ul style="list-style-type: none"> • <i>El prototipo tendrá que realizar las acciones necesarias para el cierre de la válvula y emisión de un mensaje de texto a los habitantes de la casa.</i> • <i>Se tendrá fugas de gas controladas para ver la funcionalidad del prototipo.</i>

4. RECURSO HUMANO DESTINADO PARA LA EJECUCIÓN
<p>Recurso en sitio:</p> <p><i>Andrés Mendoza Torres – Autor</i> <i>Alejandro Torres Roncancio- Autor</i></p>

5. EQUIPOS Y HERRAMIENTAS NECESARIAS EN LA EJECUCIÓN

- *Computador portátil con puertos USB.*
- *Login y Password sobre los aplicativos a intervenir (Si es necesario)*
- *Cámara de alta resolución (Para la toma de videos y registro fotográfico)*
- *Extintor*
- *Números de emergencia en caso de una eventualidad.*
- *Prototipo domótico.*
- *Elementos de protección personal.*

6. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES - MINUTOGRAMA

En este apartado se tendrá en cuenta la salud y seguridad de las personas que estarán supervisando la actividad.

No. TAREA	DESCRIPCIÓN	Duración Aprox. Minutos	Hora	Afectación del Servicio de GAS	RIESGO	MITIGACIÓN	RESPONSABLE
1	Instalación Software Arduino	30 minutos	9.00 P.M.	No	No poder instalar el software.	Cambio de portátil.	Autores del proyecto.
2	Montaje del escenario de pruebas.	30 minutos	9.30 P.M.	No	No poder el escenario ideal.	Verificar otro sitio donde se puedan hacer las pruebas	Autores del proyecto.
3	Ejecución de proyecto.	60 minutos	10.00 P.M.	Si	Estar expuesto al Monóxido de carbono	Utilizar elemento de protección personal.	Autores del proyecto.
4	Pruebas de funcionamiento del proyecto.	60 minutos	11.00 P.M.	SI	El prototipo no funcione de manera correcta.	Verificar funcionalidad del prototipo antes de la prueba	Autores del proyecto.
5	Lecciones aprendidas	30 minutos	11.30 P.M.	No	NA	NA	Autores del proyecto.

7. IMPACTO DEL PROCEDIMIENTO

ALTO: Ya que se afectara el servicio de Gas en la casa donde se realizara la prueba. Y por último que se está expuesto al gas que emite el gasoelectrodomestico

8. RIESGOS DEL PROCEDIMIENTO

Puede surgir algún riesgo de incendio, sin embargo se cuenta con dos personas que colaboran en la prueba por si llegase a existir.

9. PRUEBAS DE FUNCIONALIDAD/RESULTADOS

Ver Formatos de Pruebas
Ver Videos.

Autorizado por responsable del Sitio

Responsable Andres Mendoza

Nombre:
Cedula:
Fecha:

Nombre:
Cedula:
Fecha:

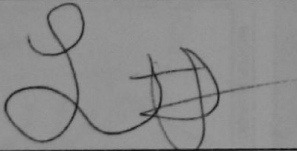
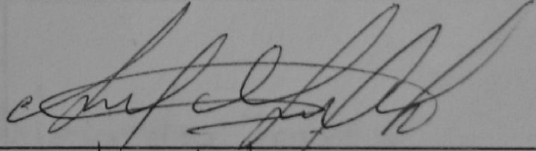
Código: AA-002
Versión: 1



PROTOCOLOS DE PRUEBAS



PROTOTIPO MONOXIDO DE CARBONO

Prueba: No: 001	
Ciudad: BOGOTÁ	
Dirección: Calle 20 # 57 A-34	
Teléfono: 2606992	
Contacto: Teresa Torres	
Fecha: 10/02/2016	
Ingenieros a cargo de las pruebas: Andrés Mendoza - Alejandro Torres.	
CONTENIDO	
Se realizaran las pruebas necesarias para verificar el funcionamiento del prototipo, de lo contrario se realizarn los ajustes del caso	
BACKUP DEL CODIGO FUENTE	OK ✓
INSTALACIÓN DE SOFTWARE	OK ✓
MONTAJE DEL ESCENARIO DE PRUEBA	OK ✓
EJECUCIÓN DEL PROYECTO	OK ✓
APERTURA DE LA VALVULA DE GAS	OK x
CIERRE DE LA VALVULA DE GAS	OK x
SE VIZUALIZAN VALORES DE CONCENTRACION DE MONOXIDO	OK ✓
SE ENVIA MENSAJE DE TEXTO AL NUMERO PREDEFINIDO	OK ✓
EL OBJETIVO DEL ALCANCE SE CUMPLIO	OK ✓
OBSERVACIONES	
Existe un problema de potencia con el servomotor.	
Como representante del hogar en referencia manifiesto mi conformidad con el contenido del presente documento	
Firmas de aceptación de las pruebas	
	
NOMBRE Teresa Torres	NOMBRE Andrés Mendoza
C.C. 41.433.215	C.C. 1022328531
DUEÑO DE LA CASA	ING. A CARGO DE LA PRUEBA

Código: AA-002
Versión: 1



Universidad
Piloto de Colombia
UN ESPACIO PARA LA EVOLUCIÓN

PROTOCOLOS DE PRUEBAS



PROTOTIPO MONOXIDO DE CARBONO

Prueba: No: 002
Ciudad: BOGOTÁ
Dirección: Cl 2c # 57a 31
Teléfono: Ingrid Mendoza
Contacto: 312042248
Fecha: 10/02/2016
Ingenieros a cargo de las pruebas: Andrés Mendoza - Alejandro Torres.

CONTENIDO

Se realizaran las pruebas necesarias para verificar el funcionamiento del prototipo, de lo contrario se realizarn los ajustes del caso

BACKUP DEL CODIGO FUENTE	OK ✓
INSTALACIÓN DE SOFTWARE	OK ✓
MONTAJE DEL ESCENARIO DE PRUEBA	OK ✓
EJECUCIÓN DEL PROYECTO	OK ✓
APERTURA DE LA VALVULA DE GAS	OK ✓
CIERRE DE LA VALVULA DE GAS	OK ✓
SE VIZUALIZAN VALORES DE CONCENTRACION DE MONOXIDO	OK ✓
SE ENVIA MENSAJE DE TEXTO AL NUMERO PREDEFINIDO	OK ✓
EL OBJETIVO DEL ALCANCE SE CUMPLIO	OK ✓

OBSERVACIONES

Se envia el mensaje, sin embargo de los 4 intentos solo dos fueron exitosos.

Como representante del hogar en referencia manifiesto mi conformidad con el contenido del presente documento

Firmas de aceptación de las pruebas

NOMBRE Ingrid Mendoza	NOMBRE David Torres
C.C. 52218105	C.C. 1024495244
DUEÑO DE LA CASA	ING. A CARGO DE LA PRUEBA

Código: AA-002
Versión: 1



Universidad
Piloto de Colombia
UN ESPACIO PARA LA EVOLUCIÓN

PROTOCOLOS DE PRUEBAS



PROTOTIPO MONOXIDO DE CARBONO

Prueba: No: 003	
Ciudad: BOGOTÁ	
Dirección: Calle 2c #57a-34	
Teléfono: 2606992	
Contacto: Teresa Torres	
Fecha: 10/02/2016	
Ingenieros a cargo de las pruebas: Andrés Mendoza - Alejandro Torres	
CONTENIDO	
Se realizaran las pruebas necesarias para verificar el funcionamiento del prototipo, de lo contrario se realizarn los ajustes del caso	
BACKUP DEL CODIGO FUENTE	OK ✓
INSTALACIÓN DE SOFTWARE	OK ✓
MONTAJE DEL ESCENARIO DE PRUEBA	OK ✓
EJECUCIÓN DEL PROYECTO	OK ✓
APERTURA DE LA VALVULA DE GAS	OK ✓
CIERRE DE LA VALVULA DE GAS	OK ✗
SE VIZUALIZAN VALORES DE CONCENTRACION DE MONOXIDO	OK ✓
SE ENVIA MENSAJE DE TEXTO AL NUMERO PREDEFINIDO	OK ✗
EL OBJETIVO DEL ALCANCE SE CUMPLIO	OK ✗
OBSERVACIONES	
No se realiza el cierre de la valvula y no se emite el mensaje de texto. Se deber revisar el prototipo y realizar nuevamente la prueba.	
Como representante del hogar en referencia manifiesto mi conformidad con el contenido del presente documento	
Firmas de aceptación de las pruebas	
NOMBRE Teresa Torres	NOMBRE Andres Mendoza Torres
C.C. 4.433.115 Bto	C.C. 1022328531
DUÑO DE LA CASA	ING. A CARGO DE LA PRUEBA

Código: AA-002
Versión: 1



Universidad
Piloto de Colombia
UN ESPACIO PARA LA EVOLUCIÓN

PROTOCOLOS DE PRUEBAS



PROTOTIPO MONOXIDO DE CARBONO

Prueba: No. 004-
Ciudad: BOGOTÁ
Dirección: Cll 2c # 57A-30
Teléfono: 266902
Contacto: Teresa Torres
Fecha: 10/02/2016
Ingenieros a cargo de las pruebas: Andrés Mendoza - Alejandro Torres.

CONTENIDO

Se realizaran las pruebas necesarias para verificar el funcionamiento del prototipo, de lo contrario se realizarn los ajustes del caso

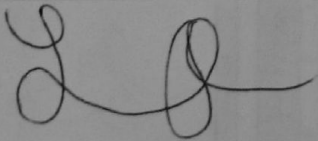
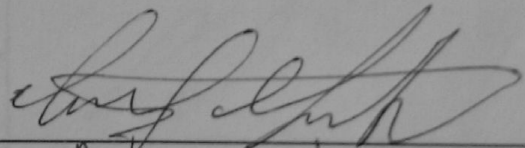
BACKUP DEL CODIGO FUENTE	OK ✓
INSTALACIÓN DE SOFTWARE	OK ✓
MONTAJE DEL ESCENARIO DE PRUEBA	OK ✓
EJECUCIÓN DEL PROYECTO	OK ✓
APERTURA DE LA VALVULA DE GAS	OK ✓
CIERRE DE LA VALVULA DE GAS	OK ✓
SE VIZUALIZAN VALORES DE CONCENTRACION DE MONOXIDO	OK ✓
SE ENVIA MENSAJE DE TEXTO AL NUMERO PREDEFINIDO	OK ✓
EL OBJETIVO DEL ALCANCE SE CUMPLIO	OK ✓

OBSERVACIONES

Se debe realizar el sensado del monoxido de carbonos despues de 10 minutos, mientras el sensor calibra el valor del ambiente de lo contrario no se veran los valores acordados

Como representante del hogar en referencia manifiesto mi conformidad con el contenido del presente documento

Firmas de aceptación de las pruebas

	
NOMBRE Teresa Torres	NOMBRE Andres Mendoza
C.C. 41.433.215	C.C. 1022320531
DUEÑO DE LA CASA	ING. A CARGO DE LA PRUEBA

Código: AA-002
Versión: 1



Universidad
Piloto de Colombia
UN ESPACIO PARA LA EVOLUCIÓN

PROTOCOLOS DE PRUEBAS



PROTOTIPO MONOXIDO DE CARBONO

Prueba: No: 005	
Ciudad: BOGOTÁ	
Dirección: cll 2c # 57a-31	
Teléfono: 2606992	
Contacto: Teresa Torres	
Fecha: 10/02/2016	
Ingenieros a cargo de las pruebas: Andrés Mendoza - Alejandro Torres.	
CONTENIDO	
Se realizaran las pruebas necesarias para verificar el funcionamiento del prototipo, de lo contrario se realizarn los ajustes del caso	
BACKUP DEL CODIGO FUENTE	OK <input checked="" type="checkbox"/>
INSTALACIÓN DE SOFTWARE	OK <input checked="" type="checkbox"/>
MONTAJE DEL ESCENARIO DE PRUEBA	OK <input checked="" type="checkbox"/>
EJECUCIÓN DEL PROYECTO	OK <input checked="" type="checkbox"/>
APERTURA DE LA VALVULA DE GAS	OK <input checked="" type="checkbox"/>
CIERRE DE LA VALVULA DE GAS	OK <input checked="" type="checkbox"/>
SE VIZUALIZAN VALORES DE CONCENTRACION DE MONOXIDO	OK <input checked="" type="checkbox"/>
SE ENVIA MENSAJE DE TEXTO AL NUMERO PREDEFINIDO	OK <input checked="" type="checkbox"/>
EL OBJETIVO DEL ALCANCE SE CUMPLIO	OK <input checked="" type="checkbox"/>
OBSERVACIONES	
Despues de realizar los ajustes necesarios de programacion y potencia el prototipo funciona perfectamente	
Como representante del hogar en referencia manifiesto mi conformidad con el contenido del presente documento	
Firmas de aceptación de las pruebas	
NOMBRE Teresa Torres	NOMBRE Andres Mendoza
C.C. 41.433.215	C.C. 1022328531
DUEÑO DE LA CASA	ING. A CARGO DE LA PRUEBA

Prueba: No: 001
Ciudad: BOGOTÁ
Dirección:
Teléfono:
Contacto:
Fecha: 10/02/2016
Ingenieros a cargo de las pruebas: Andrés Mendoza - Alejandro Torres.

CONTENIDO

Se realizaran las pruebas necesarias para verificar el funcionamiento del prototipo, de lo contrario se realizarn los ajustes del caso

BACKUP DEL CODIGO FUENTE	OK
INSTALACIÓN DE SOFTWARE	OK
MONTAJE DEL ESCENARIO DE PRUEBA	OK
EJECUCIÓN DEL PROYECTO	OK
APERTURA DE LA VALVULA DE GAS	OK
CIERRE DE LA VALVULA DE GAS	OK
SE VIZUALIZAN VALORES DE CONCENTRACION DE MONOXIDO	OK
SE ENVIA MENSAJE DE TEXTO AL NUMERO PREDEFINIDO	OK
EL OBJETIVO DEL ALCANCE SE CUMPLIO	OK

OBSERVACIONES

Como representante del hogar en referencia manifiesto mi conformidad con el contenido del presente documento

Firmas de aceptación de las pruebas

NOMBRE	NOMBRE
C.C.	C.C.
DUEÑO DE LA CASA	ING. A CARGO DE LA PRUEBA