



**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL**

**ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA**



**UNIDAD PROFESIONAL ADOLFO LÓPEZ MATEOS**

**(UPALM – IPN – ESIME)**

**EQUIPO ELECTRÓNICO DE USO MÉDICO PARA LA DOSIFICACIÓN TRANSDÉRMICA POR IONTOFORESIS DE  
ESTRADIOL EN PACIENTES CON TERAPIA DE REEMPLAZO HORMONAL**

**TESIS**

Que para obtener el título como:

**INGENIERO EN COMUNICACIONES Y ELECTRÓNICA**

**P R E S E N T A**

**Martín Roberto Magaña Martínez**

Asesores:

Ing. Hugo Jorge Macías Palacios

Dr. Mauricio Velázquez Magaña

Dr. Jesús Enrique Urbano Noriega

**MÉXICO D.F.**

**2015**

**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL**  
**ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA**  
**UNIDAD PROFESIONAL “ADOLFO LÓPEZ MATEOS”**

**TEMA DE TESIS**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE INGENIERO EN COMUNICACIONES Y ELECTRÓNICA  
POR LA OPCIÓN DE TITULACIÓN TESIS Y EXAMEN ORAL INDIVIDUAL  
DEBERA (N) DESARROLLAR C. MARTIN ROBERTO MAGAÑA MARTINEZ

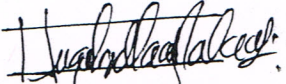
**“EQUIPO ELECTRÓNICO DE USO MÉDICO PARA LA DOSIFICACIÓN TRANSDÉRMICA POR IONTOFORESIS DE ESTRADIOL EN PACIENTES CON TERAPIA DE REEMPLAZO HORMONAL”**


DISEÑAR, CONSTRUIR E IMPLEMENTAR EL PROTOTIPO DE UN DOSIFICADOR TRANSDÉRMICO ELECTRÓNICO PARA LA ADMINISTRACIÓN DE ESTRADIOL; CUYA POTENCIAL APLICACIÓN ES EN TERAPIAS DE REEMPLAZO HORMONAL, TENIENDO COMO BASE EL MÉTODO FÍSICO-QUÍMICO LLAMADO IONTOFORESIS.


- ❖ SISTEMAS DE DOSIFICACIÓN TRANSDÉRMICA Y LOS TEJIDOS: ANTECEDENTES Y CONCEPTOS GENERALES
- ❖ IONTOFORESIS Y LA TERAPIA DE REEMPLAZO HORMONAL
- ❖ PROTOTIPO ELECTRÓNICO PARA LA DOSIFICACIÓN TRANSDÉRMICA: DISEÑO, IMPLEMENTACIÓN Y CONSTRUCCIÓN
- ❖ EXPERIMENTACIÓN, RESULTADOS Y CONCLUSIONES

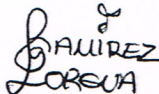
CIUDAD DE MÉXICO, A 1 DE AGOSTO DE 2016.

**ASESORES**

  
ING. HUGO JORGE  
MACÍAS PALACIOS

  
M. EN C. JESÚS ENRIQUE  
URBANO NORIEGA

  
BRH. MAURICIO  
VELÁZQUEZ MAGAÑA

  
ING. PATRICIA LORENA RAMÍREZ RANGEL  
JEFA DEL DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA EN  
COMUNICACIONES Y ELECTRÓNICA



## AGRADECIMIENTOS

**A mis padres y mi hermano:** Por apoyarme siempre; por estar ahí creyendo en cada cosa que hago y me propongo. Por acompañarme hasta el final en todo este proceso. Los amo, y esto no hubiera sido lo mismo, no se hubiera vivido y sentido igual sin ustedes a mi lado.

**A mis asesores de tesis:** Ing. Hugo Macías, Dr. Mauricio Velázquez y Dr. Enrique Urbano quiero decirles que ¡Gracias! Por creer en este proyecto, por estar revisando y atrás de mí para que esta tesis fuera exitosa y satisfactoria. Ha sido un placer haber podido trabajar con ustedes.

**A mi jurado:** Quienes se comprometieron con revisar y calificar este proyecto; quienes aportaron comentarios y consejos para que fuera un proyecto satisfactorio y exitoso.

**A Gerardo Anaya:** Por apoyarme en este proyecto, por creer en mí, por tener la paciencia y enseñarme muchas cosas que han sido invaluableles en mi desarrollo como ingeniero. Agradezco las desveladas, las risas y experiencias que he tenido como oportunidad de vivir a lado de este gran ingeniero.

**A Isaac Torres:** Por apoyarme y creer en este proyecto. Por la paciencia de enseñarme y las ganas de estar ahí brindándome el apoyo incondicional; gran amigo y gran ingeniero. Agradezco las experiencias, las risas y la labor de equipo que he tenido con este gran ingeniero.

**A Juan Pablo Anaya:** Agradezco que este trabajo es resultado de algo que empezamos juntos y terminamos juntos; mi compañero de día y de noche, de domingo a sábado. Grandes experiencias y aprendizajes he vivido a lado de este gran ingeniero. Un hermano para mí.

**A mis amigos y compañeros:** Al Chistes, al Bromas, a mi grupo de especialidad, a todos aquellos que formaron una parte de mi formación y con quien tuve la oportunidad de trabajar ¡Gracias!

**A mi institución:** De quién me siento sumamente orgulloso y tengo la dicha de haber pertenecido a una de las mejores instituciones del país ¡Huelum!

## DEDICATORIA

**Quiero dedicar este trabajo:**

*...a mis abuelos, quiénes siempre han creído en mí y son dos personas que amo, admiro y respeto con lo más profundo de mi ser. **Roberto & Cristina.***

*...a una persona que su ciclo terminó antes y ahora nos observa detenidamente. Un gran amigo, compañero y que tengo por seguro hubiera sido un excelente ingeniero. Estés en donde estés ;**Gracias Elbrus Cabrera Ontiveros!***

## OBJETIVO GENERAL

Diseñar, construir e implementar el prototipo de un dosificador transdérmico electrónico para la administración de estradiol; cuya potencial aplicación es en terapias de reemplazo hormonal, teniendo como base el método físico – químico llamado *Iontoforesis*.

## OBJETIVOS PARTICULARES

- ℳ Investigar los fundamentos teóricos acerca del método Iontoforesis para ser implementados en el funcionamiento del prototipo.
- ℳ Diseñar, estructurar e implementar las etapas para dar funcionamiento al dispositivo.

## JUSTIFICACIÓN

La menopausia es el momento en donde la mujer experimenta una etapa de transición y adaptación hacia una nueva situación endócrina. Implica muchos cambios sistémicos y emocionales que pueden alterar la calidad de vida.

Para ello existen las Terapias de Reemplazo Hormonal (TRH), mismas que tienen como objetivo el mejorar la calidad de vida y la sintomatología asociada. Estas terapias consisten en el suministro de sustancias farmacológicas, hormonales y no hormonales en las menores dosis o titulaciones posibles. Entre los tipos de TRH se encuentra la administración de “estradiol” por tres diferentes vías: oral, parenteral y dérmica.

¿Cuál es la ventaja de desarrollar un dispositivo con base en la Iontoforesis? Como se mencionó, el suministro de estradiol es importante para las TRH's, y el método de iontoforesis tiene ventaja sobre las tres vías previamente mencionadas de la siguiente manera:

- Oral – *el estradiol administrado por esta vía es metabolizado por el hígado tras su absorción y de esta forma afectando su efectividad.*
- Parenteral – *esta vía de administración es un método invasivo, que puede o no necesitar de un especialista en salud para su aplicación y/o administración.*

- *Dérmico – esta vía y se administra por medio de sistemas TDDS de 1ª generación (parches), gel hidro-alcohólico de estradiol. Estos dos métodos implican una capacitación estrecha, no son estéticos y en ocasiones poco funcionales con la actividad física de las pacientes. Estos dos métodos son la competencia directa con el método basado en la iontoforesis.*

## RESUMEN

A lo largo de este trabajo se exponen las bases teóricas, técnicas y prácticas que conllevan la realización del proyecto.

**Capítulo I. Sistemas de Dosificación Transdérmica y los Tejidos: Antecedentes y Conceptos Generales** - En este capítulo se expone la problemática que existe en función de las terapias de reemplazo hormonal. Se describen los antecedentes y conceptos generales de los sistemas para dosificación transdérmica, la descripción de los tejidos orgánicos, específicamente la piel humana.

**Capítulo II. Iontoforesis y la Terapia de Reemplazo Hormonal** - Este segundo capítulo se enlaza con la esencia del capítulo anterior y ahonda la teoría del método a implementar; desde el funcionamiento físico-químico, hasta la aplicación en dispositivos para TRH.

**Capítulo III. Prototipo Electrónico para la Dosificación Transdérmica: Diseño, Implementación y Construcción** - Este capítulo presenta el fundamento técnico del prototipo; desde aspectos teóricos hasta los conceptos que describen el funcionamiento físico del mismo; al igual, esboza las regulaciones internacionales que garantizan que este tipo de proyectos o equipos puedan ser utilizados en la industria médica (ejemplo: Norma IEC - 60601-1).

**Capítulo IV. Experimentación, Resultados y Conclusiones** -En este último capítulo se expone la factibilidad y viabilidad del prototipo para aplicaciones en TRH, particularmente para administración de estradiol.



## PALABRAS CLAVE

Dosificación; Implementación; Transdérmico; Prototipo; Iontoforesis;  
Menopausia; TRH; Estradiol

## ABSTRACT

Throughout this work the theoretical, technical and practical fundamentals that develop this project are explained.

**Chapter I: Transdermal Delivery Systems and Tissues: Background and General Concepts** - In this chapter the problem that exists in terms of HRT is exposed. Also the background and general concepts about the transdermal delivery systems, description of organic tissues, specifically human skin are described.

**Chapter II: Iontophoresis and Hormonal Replacement Therapy** - This second chapter is linked with the essence of the previous chapter and deepens the applied theoretical method; from physic-chemical operation until the utilization in HRT devices.

**Chapter III: Electronic Prototype for Transdermal Dosage: Design, Implementation and Construction** - This chapter presents the technical basis of the prototype; from theoretical aspects until the concepts that describe the physical functioning. Outlines international regulations to ensure that this kind of projects or equipment can be used in the medical industry (example: IEC - 60601-1).

**Chapter IV: Experimentation, Results and Conclusions** - In this last chapter the feasibility and viability of the prototype for HRT applications, particularly for administration of estradiol is exposed.

KEY WORDS

Dosage, Implementation; Transdermal; Prototype; Iontophoresis;  
Menopause; HRT; Estradiol

## ÍNDICE DE CONTENIDO

Objetivos.....	i
Justificación.....	ii
Resumen.....	iv
Abstract.....	vi
Índice Capitulado.....	viii
Índice de Figuras, Tablas y Gráficos.....	x
Glosario.....	xiii
Introducción.....	xv

*Índice* *pág.*

### **Capítulo I: Sistemas de Dosificación Transdérmica y los Tejidos: Antecedentes y Conceptos Generales**

1.1 La medicina y sus inicios.....	1
1.1.1. El Tejido: Mirada Histórica.....	5
1.2 La Piel.....	14
1.2.1 La Epidermis.....	17
1.2.2 La Dermis.....	20
1.3 Sistemas TDDS, la Iontoforesis y sus inicios.....	21
1.3.1 Antecedentes de la Iontoforesis.....	24
1.4 Estado del Arte en los Sistemas de... Dosificación Transdérmica.....	24
1.4.1 Sistemas de 2ª Generación.....	28
1.5 ¿Qué es la Menopausia?.....	29

### **Capítulo II: Iontoforesis y la Terapia de Reemplazo Hormonal.**

2.1 Terapias de Reemplazo Hormonal (TRH).....	32
2.1.2. Efectos adversos a las TRH.....	35
2.2 ¿Qué es el estrógeno y estradiol?.....	36
2.2.1 Terapias Estrógeno – Progesterona: usos típicos.....	37
2.3 ¿Qué es la Iontoforesis?.....	39
2.4 Absorción Transdérmica o Percutánea.....	41
2.5 Propiedades Eléctricas de la Piel.....	43
2.5.1 Concepto de resistividad en la piel.....	49
2.6 Iontoforesis: base teórica.....	51
2.7 Vías de administración por Iontoforesis.....	53
2.8 Aplicación de la Iontoforesis en la piel.....	54
2.8.1 Uso de señal pulsante.....	55
2.8.2 Formulación candidata para la iontoforesis.....	56

### **Capítulo III: Prototipo Electrónico: Diseño, Implementación y Construcción**

3.1 Electrónica Analógica y Digital:	
breviario cultural y conceptos básicos .....	58
3.1.1 Componentes pasivos en los circuitos eléctricos .....	62
3.1.2 Semiconductores.....	68
3.2 Diagrama a Bloques .....	69
3.3 Conceptos generales en función del diseño del dispositivo ...	71
3.3.1 Batería.....	72
3.3.2. Transistores Bipolares de Juntura (BJT) .....	74
3.3.3. Amplificadores Operacionales .....	77
3.3.4. Microcontrolador.....	79
3.3.4.1 Microcontrolador PIC.....	82
3.4 Diseño del Prototipo .....	84
3.4.1 Fuente Simétrica de Voltaje .....	85
3.4.2 Generador de señal PWM con PIC16F8XX.....	87
3.4.3 Etapa de Inversión y No Inversión de la señal .....	88
3.4.5 Selector de señal de salida.....	94
3.5 Diagrama esquemático y diseño de Circuito Impreso.....	95
3.6 Programación de la etapa de control para el manejo del dispositivo .....	97

### **Capítulo IV: Experimentación, Resultados y Conclusiones**

4.1 Iontoforesis para la dosificación de Estradiol: panorama futuro.....	99
4.2 Secciones de la industria en donde es aplicable este sistema	101
4.3 Viabilidad y Factibilidad .....	102
4.4 Conclusiones Generales .....	103
Referencias y Bibliografía.....	
Apéndice A: Lista de Componentes.....	a
Diagrama esquemático completo .....	b
Código de programación. ....	c
Hojas de especificaciones.....	d

## ÍNDICE DE FIGURAS, TABLAS Y GRÁFICOS

### *Número*

1. **Fig.1.1.** Macaón y Podarilio. Primeros médicos conocidos
2. **Fig.1.2.** *De humani corporis fabrica libri septem.* Anatomía Renacentista
3. **Fig.1.3.** Célula Animal. *Conceptualización Moderna*
4. **Fig.1.4.** Imagen de Tejido Epitelial.
5. **Fig.1.5.** Capas de la Piel Humana.
6. **Fig.1.6.** Imagen que muestra los estratos en la epidermis.
7. **Fig.1.7.** Corte transversal de la piel humana. Se muestra la dermis
8. **Fig.1.8.** Sistemas de Dosificación Transdérmica
9. **Fig. 1.9.** Etapas del envejecimiento reproductivo.
10. **Fig.2.1.** Tejidos Responsables de la secreción de hormonas esteroides en el ser humano.
11. **Fig.2.2.** Diagrama que muestra la dosificación del medicamento por iontoforesis.
12. **Fig.2.3.** Modelo eléctrico del estrato córneo.
13. **Fig.2.4.** Células de cebolla roja en solución hipotónica.
14. **Fig.2.5.** Células de cebolla roja en solución isotónica.
15. **Fig.2.6.** Células de cebolla roja en solución hipertónica.
16. **Fig.3.1.** Imagen de la estructura principal de un átomo.
17. **Fig.3.2.** André – Marie Ampere (1775-1836).
18. **Fig.3.3.** Alessandro Volta (1745-1827).
19. **Fig.3.4.** George S. Ohm (1787-1854).

20. **Fig.3.5.** Michael Faraday (1791-1867).
21. **Fig.3.6.** Joseph Henry (1797-1878).
22. **Fig.3.7.** Resistores en diferentes encapsulados y materiales.
23. **Fig.3.8.** Capacitores en diferentes encapsulados y materiales.
24. **Fig.3.9.** Diferentes semiconductores.
25. **Fig.3.10.** Diagrama a bloques.
26. **Fig.3.11.** Diferentes baterías.
27. **Fig.3.12.** Simbología de los transistores bipolares.
28. **Fig.3.13.** Diagrama Amp. Operacional básico.
29. **Fig.3.14.** Circuito controlador construido con lógica discreta.
30. **Fig.3.15.** Logo de la marca MICROCHIP.
31. **Fig.3.16.** Diagrama de la fuente simétrica de voltaje.
32. **Fig.3.17.** Diagrama del circuito de control.
33. **Fig.3.18.** Diagrama de la etapa de comparación.
34. **Fig.3.19.** Diagrama del circuito para selección de la señal de salida.
35. **Fig.3.20.** Diagrama esquemático del prototipo IONTOMX.
36. **Fig.3.21.** Circuito Impreso (Top Layer).
37. **Fig.3.22.** Circuito Impreso (Bottom Layer).
38. **Fig.4.1.** Modelado 3D para montaje del prototipo.

## ÍNDICE DE FIGURAS, TABLAS Y GRÁFICOS

a) **Tabla 1.** Cronología. Algunas aplicaciones con base en la Iontoforesis



## GLOSARIO

- **Adiposo.** Del lat. adeps, adipis 'grasa' y -oso<sup>2</sup>).1. adj. Grasiento, cargado o lleno de grasa o gordura.2. adj. De la naturaleza de la grasa.
- **Adrenal.** (Del lat. ad 'junto a' y renālis 'renal'). adj. Biol. Situado cerca del riñón.
- **Anatómico.** (Del lat. anatomīcus, y este del gr. ἀνατομικός). 1. adj. Perteneciente o relativo a la anatomía. 2. adj. Dicho de un objeto: Construido para que se adapte o ajuste perfectamente al cuerpo humano o a alguna de sus partes.
- **Cardíaco.** (Del lat. cardiācus, y este del gr. καρδιακός). adj. Perteneciente o relativo al corazón.
- **Cutáneo.** adj. Perteneciente o relativo al cutis.
- **Dosificación.** f. Med. Determinación de la dosis de un medicamento.
- **Electródo.** Del fr. electrode, este del ingl. electrode, y este acrón. de electric, eléctrico, y el gr.ὁδός, camino).m. Fís. Extremo de un conductor en contacto con un medio, al que lleva o del que recibe una corriente eléctrica.
- **Estequiología.** sust. Estudio de los elementos químicos (relativo a la estequiometria). Estudio de las proporciones de los elementos en los compuestos para comprender sus reacciones con otros elementos o compuestos. Término acuñado por el alemán L. Oken en 1847. Relativo a estequiometria.
- **Esteroides.** (De esteroles y -oides). m. Quím. Sustancia de estructura policíclica de la que derivan compuestos de gran importancia biológica, tales como esteroides, ácidos biliares, hormonas, etc.
- **Estrato.** (Del lat. stratus).m. Conjunto de elementos que, con determinados caracteres comunes, se ha integrado con otros conjuntos previos o posteriores para la formación de una entidad. m. Capa o nivel
- **Excreción.** (Del lat. excretio, -ōnis). f. Acción y efecto de excretar.
- **Fisiología.** (Del lat. physiologia, y este del gr. φυσιολογία). f. Ciencia que tiene por objeto el estudio de las funciones de los seres orgánicos.
- **Hepático.** (Del lat. hepaticus, y este del gr. ἥπατικός, relativo al hígado, der. de ἥπαρ, ἥπατος, hígado). Med. Perteneciente o relativo al hígado.
- **Histología.** De histo- y -logía). f. Parte de la anatomía que trata del estudio de los tejidos orgánicos.

- **Homogéneo.** (Del b. lat. *homogenēus*, y este del gr. *ὁμογενής*). adj. Perteneciente o relativa a un mismo género, poseedor de iguales caracteres.
- **Humectación.** (Del lat. [h]umectatio, -ōnis). f. Acción y efecto de humedecer.
- **Inmunitario.** adj. Biol. y Med. Perteneciente o relativo a la inmunidad.
- **Lipídico.** adj. Bioquím. Perteneciente o relativo a los lípidos.
- **Menstrual.** adj. Perteneciente o relativo al menstruado. adj. ant Perteneciente o relativo al mes.
- **Morbilidad.** f. Proporción de personas que enferman en un sitio y tiempo determinado.
- **Ovárico.** adj. Anat. y Bot. Perteneciente o relativo al ovario.
- **Percutáneo.** adj. Med. Dicho de una sustancia o de un medicamento: Que se administra y actúa a través de la piel.
- **Permeabilidad.** (Del lat. *permeabilis*, penetrable). f. Cualidad de permeable.
- **Polaridad.** f. Fís. Propiedad que tienen los agentes físicos de acumularse en los polos de un cuerpo y de polarizarse. f. Condición de lo que tiene propiedades o potencias opuestas, en partes o direcciones contrarias, como los polos.
- **Sinapsis.** Del gr. *σύναψις*, unión, enlace).f. Relación funcional de contacto entre las terminaciones de las células nerviosas.
- **Síntesis.** f. Suma y compendio de una materia u otra cosa. f. Quím. Proceso de obtención de un compuesto a partir de sustancias más sencillas.
- **Soluble.** (Del lat. *solubilis*). adj. Que se puede disolver o desleír.
- **TDDS.** Por sus siglas en inglés *Transdermal Drug Delivery Systems*.
- **Tegumentario.** adj. Biol. Perteneciente o relativo al tegumento.
- **Termorregulación.** f. Regulación de la temperatura para mantenerla entre ciertos límites.
- **Torrente.** (Del lat. *torrens*, -entis). m. Curso de la sangre en el aparato circulatorio.
- **Trombosis.** (Del gr. *θρόμβωσις*, coagulación). f. Med. Formación de un trombo en el interior de un vaso sanguíneo.
- **Vascular.** (Del lat. *vascularis*). adj. Bot. y Zool. Perteneciente o relativo a los vasos de las plantas o de los animales.
- **Viscosidad.** f. Mec. Propiedad de los fluidos que caracteriza su resistencia a fluir, debida al rozamiento entre sus moléculas.

## INTRODUCCIÓN

Dentro de la ingeniería y la medicina existe un área que actualmente converge en un campo de desarrollo de gran importancia para la humanidad, llamada “Bioingeniería”. Una de las funciones de esta área, una es la de desarrollar aplicaciones basadas en los principios de la ingeniería a diversos campos de la medicina, por ejemplo: Infraestructura e instrumentación médica. A estas aplicaciones que tienen como base la bioingeniería y que se enfocan en el desarrollo tecnológico se les llaman “biotecnología”.

El presente trabajo se conceptualiza para lograr la aplicación del método físico – químico llamado Iontoforesis en un prototipo electrónico portable de fácil manejo y configuración que puede ser utilizado en tratamientos de carácter médico, específicamente como dosificador de estradiol en la terapia de reemplazo hormonal. La propuesta se desarrolla para la contribución de la biotecnología con aplicación al campo de la ginecología endocrinológica.

Se especifica y detalla la elaboración del prototipo, como también se describe la teoría que lo sustenta y justifica.

## *Capítulo 1*

### **SISTEMAS DE DOSIFICACIÓN TRANSDÉRMICA Y TEJIDOS**

A lo largo de este capítulo se encontrarán antecedentes y conceptos básicos acerca de los sistemas de instrumentación transdérmica. Así como la historia y relación con las aplicaciones sobre los tejidos de tipo orgánico haciendo énfasis en la piel humana.

Por otra parte se presenta el impacto de la aplicación de la Terapia de Reemplazo Hormonal (TRH) en las pacientes durante la menopausia.

#### **1.1 La medicina y sus inicios**

Los estudios de la medicina comienzan desde la edad precaria o primitiva, donde el concepto de medicina no existía como tal, era más bien la conceptualización de la enfermedad como algo sobre natural, conceptos mágico-religiosos y fueron fenómenos que desataron la fascinación por la observación del ser.



**Fig.1.1 Macaón y Podalirio. Primeros médicos conocidos.**

Una de las grandes culturas que se enfocaron en el entendimiento y tratamiento de los padecimientos médicos fue la cultura egipcia, misma que permite el desarrollo de lo que se conoce como medicina arcaica. Los egipcios separan los conceptos mágicos, religiosos y empíricos, por lo tanto existían magos, sacerdotes y médicos. Otra gran aportación de esta cultura, según Hipócrates<sup>1</sup> fue la de crear las “especialidades médicas”; especialistas formados en los templos, enfocados en el tratamiento de diferentes enfermedades y pertenecían a un sistema jerarquizado de rangos.

Otra aportación de esta gran cultura fue la llamada Medicina Empírica, ya que el egipcio era un excelente observador; comenzó con la utilización de técnicas como: la palpación, inspección y observación de las secreciones humanas (heces fecales, orina, sangre), comenzaron con la medición de las pulsaciones cardíacas.

---

<sup>1</sup> Hipócrates (460 a.C – 360 a.C ) Médico perteneciente a la Antigua Grecia. Figura que destaca en la historia de la medicina.

Por último esta gran cultura comenzó con utilizar la diagnosis y la teoría médica, y aunque analizaron viseras humanas, los egipcios no desarrollaron el concepto de anatomía.

Posteriormente a la medicina empírica, surge la medicina Hipocrática, donde solo existían dos conceptos fundamentales: lo sobrenatural y lo empírico. Hipócrates como representante de la medicina en la Antigua Grecia realizó un tratado llamado “Corpus hippocraticum”, donde surge el nacimiento del saber médico que fue un acontecimiento grande en la historia. Esta medicina fue la primera considerada como tal.

Posteriormente existieron tendencias de la medicina como ciencia de gran importancia, por ejemplo: La Edad Media con la construcción de institutos de salud conocidos como hospitales debido a hospicios, posteriormente en el Renacimiento surgen conceptos importantes como “La anatomía” como hoy la conocemos, esto gracias a Andreas Vesalius, anatomista belga, quien fue la figura central en la medicina de esta época. También surge el concepto de cirugía, fundado en la escuela de San Cosme en París. Después viene la época del Barroco con aportaciones importantes en la fisiología, la obstetricia y la morfología. Posteriormente eventos de suma importancia que datan en el siglo XIX, de gran trascendencia para la medicina actual, que dan pie a lo que se conoce como medicina moderna; por

ejemplo, el descubrimiento de la penicilina, estudios en la genética, entre muchos más. <sup>2</sup>

Con el paso del tiempo la medicina ha tenido grandes cambios y revoluciones hasta llegar a lo que se conoce actualmente. A continuación en la Fig. 1.2, se ejemplifica con una imagen, como se representaban los dibujos anatómicos de la época renacentista.

---

<sup>2</sup> (Pontificia Universidad Católica de Chile, s.a.) *Apuntes de Historia de la Medicina*. Recuperado de: <http://escuela.med.puc.cl/publ/HistoriaMedicina/Indice.html>



**Fig.1.2 *De humani corporis fabrica libri septem. Anatomía humana Renacentista.***  
(Vesalius, Andreas, *De humani corporis fabrica libri septem*. Basilæ: ex officina Ioannis Oporini, 1543.)

### 1.1.1 El Tejido: Mirada Histórica

Antes de poder entender las características de la piel humana, se debe entender el concepto de tejido, mismo que tiene grandes antecedentes que datan a partir de la antigua Grecia y que con el paso del tiempo se han ido desarrollando



hasta permitir actualmente tener una cantidad inmensurable de información acerca de lo que constituye el cuerpo humano. Estos conceptos están basados en el estudio de las proporciones de los elementos, puros o en compuestos para el conocimiento de la reacción con otros elementos o compuestos; a este estudio se le llama “estequiología”.

En la antigua Grecia el pensamiento estequiológico biomédico se concebía a partir de los conocimientos impartidos o desarrollados por los filósofos presocráticos (Empédocles, Demócrito, Heraclito, etc.)<sup>3</sup>. El pensamiento más influyente en esa época fue el pensamiento Empedocleico, denominado pluralista y basado en las cuatro sustancias básicas o fundamentales: agua, aire, fuego y tierra. El concepto estequiológico de esa época era basado en su totalidad en cuestiones de filosofía, la observación del comportamiento humano y eso aplicado al cuerpo. Se desarrollaron diferentes teorías, por ejemplo: la teoría humoral, que definía al humor como una sustancia del cuerpo con cierta viscosidad que siempre está presente, por así decirlo. La cantidad de humores constituían a los organismos, y análogamente a los elementos fundamentales empedocleicos, también existían cuatro humores fundamentales: La sangre, la bilis amarilla, la bilis negra y la flema. Cada uno de estos humores tenía una característica particular, por ejemplo: a la sangre se le asociaban las características de caliente y húmedo. Posteriormente

---

<sup>3</sup> (De Juan Herrero, 1999). *¿De qué están hechos los organismos? El nacimiento de la mirada histológica*

estos humores darían estructura a las diferentes partes del organismo (carne, grasa, etc.).

Fue Aristóteles (384-322 a.C.) quien posteriormente sistematiza estos conceptos y les atribuye cualidades particulares a los elementos empedocleicos, por ejemplo: lo caliente y lo seco al aire y lo húmedo al agua. Por otra parte toma la teoría humoral y crea el concepto de “parte similar”, como aquello que en sus partes es cualitativamente igual y lo “disimilar” como la reunión de partes similares. Estos conocimientos son fundamentales, ya que son precursores de lo que hoy se conoce como “La Anatomía General”.

Posteriormente en la antigüedad existieron filósofos que aportaron grandes conceptos a la biología actual; por ejemplo pensamientos como el de Asclepiades de Bitinia (129-40 a.C.) Incorporó la estructura molecular de Demócrito y se convirtió en el precursor de la Patología Molecular, gracias a su pensamiento con base la enfermedad como composición anómala de las estructuras sólidas. También existen grandes pensamientos provenientes de filósofos como Galeno (131-200 d.C.) quien completo la sistematización de la estequiología biomédica donde recoge los elementos empedocleicos, la teoría humoral y la mezcla de los humores, prácticamente retoma los pensamientos aristotélicos y les agrega un componente como parte del organismo, denominado espiritualidad.

Posteriormente la Edad Media retoma la concepción estequiológica galénica y conceptualizan que a la combinación de los elementos fundamentales empedocleicos con los cuatro humores básicos surge lo “complexio” como

equivalente a la parte similar aristotélica. Este pensamiento posteriormente dará pie a lo conocido como órgano o membra.

Por otra parte en la Edad Moderna (Siglos XV – XVIII) la estequiología galénica es una constante, pero a partir del siglo XVI surge un concepto diferente para entender a los órganos, conocido como “teoría fibrilar”. Teoría que se desarrolla hasta el siglo XIX.

Fue Andreas Vesalius (1514-1564) quien dio pie al surgimiento de la Anatomía Moderna. Esta teoría no podía explicarse mediante una estequiología humoral, se basaba en principios aplicados a disecciones en tendones, nervios, músculos, ligamentos, etc. que dio pie al concepto de “fibra”, como unidad elemental en la composición del organismo. Este pensamiento fibrilista se mantendría hasta inicios del siglo XIX.

Fue el siglo XVIII y su transición al siglo XIX (Edad Moderna) donde el concepto fibrilista se mantuvo como dogma científico. Fue hasta inicios del siglo XIX donde dos nuevas concepciones estequiológicas surgen acerca de la composición del organismo. La conceptualización del tejido y la teoría celular de Bichat. Fueron tres grandes exponentes que dieron pie a esta transición de lo fibrilar a lo celular: Georges-Louis Leclerc de Buffon (1707-1788) con la Teoría de las Moléculas Orgánicas, teoría influida por la física Newtoniana y por el atomismo psicológico de Hume; Kaspar F. Wolff (1734-1794) con La Estequiología Esferular, teoría que utilizó la observación microscópica dando lugar a que ya no serían las “fibras” la unidad del organismo, sino serían los “glóbulos” los elementos que formarían las vesículas y membranas. Fue esta teoría la que rompió con muchos paradigmas

establecidos por la concepción fibrilista. Por último Lorenz Öken (1779-1851) con La Teoría Vesicular, misma que fue decisiva para la formación de la teoría celular de Schawn. La teoría vesicular establecía que los organismos vivientes podían descomponerse en minúsculas vesículas mucosas primitivas.

Las concepciones anteriores, junto con la transición a la Edad Moderna dan pie a la concepción del Tejido de Bichat. Françoise Marie X. Bichat (1771-1802) da pie al término tejido como “tissu muqueux” debido a la genialidad fisiológica y anatómica del mismo. Realizó grandes estudios a lo largo de su carrera; por ejemplo, trabajó directamente con cadáveres donde meticulosamente disecó de manera fina los órganos para la obtención de fragmentos homogéneos que luego sometería a experimentación tal como: cocción, ebullición, putrefacción, adición de ácidos, etc. cualquier cosa que le permitiera observar el comportamiento de los tejidos.

Fue este gran científico francés quien permitió el desarrollo y estudio de la composición sistémica de los organismos vivientes y logró distinguir hasta 21 diferentes tipos de tejidos; por ejemplo: celular, nervioso animal, nervioso orgánico, arterial, venoso, óseo, mucoso, glandular, dermoide, epidermoide, piloso, etc.<sup>4</sup>

---

<sup>4</sup> (De Juan Herrero, 1999). *¿De qué están hechos los organismos? El nacimiento de la mirada histológica*

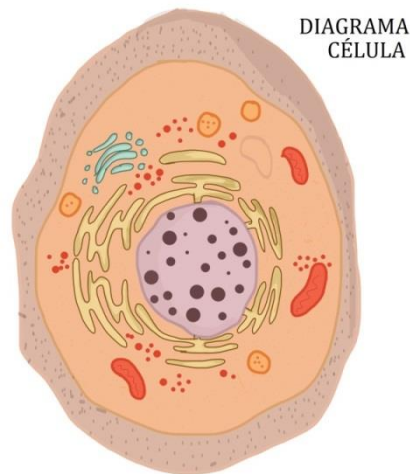
Junto con la Teoría de Celular que al principio se estableció que Robert Hook (1635-1702) como padre de la citología gracias a su experimentación con la estructura del corcho y dando pie al concepto de “célula” (concepto que se desacreditó en el momento, para después haber sido implementado hasta la actualidad) para describir a las pequeñas celdas que Hook observaba , y según Canguilhem (1976) sus resultados no fueron tan significativos para ciencia, cabe resaltar nombres que aportaron grandes concepciones a esta teoría como lo son: Marcelo Malpighi (1628-1694) científico que observó microscópicamente los vegetales, dando pie a las células de los mismos con el nombre de “odrecillos”. También se encuentra Anton van Leeuwenhoek (1632-1723) que observó varios tipos de células como: glóbulos rojos, espermatozoides, bacterias, etc. El científico inglés R. Brown (1773-1856) a quien suele atribuirse el descubrimiento del núcleo celular.<sup>5</sup>

Fue hasta Schleiden y Schawnn que la estequilogía celular culminaría como teoría gracias a las afirmaciones que conceptualizaban a las células como la unidad elemental de las estructuras vegetales por parte de Schleiden y posteriormente Schawnn afirmaría esta pensamiento para todos los seres

---

<sup>5</sup> (De Juan Herrero, 1999). *¿De qué están hechos los organismos? El nacimiento de la mirada histológica*

vivientes, dando pie a los conceptos de pluricelulares y unicelulares, así fundamentando la teoría celular.



**Fig.1.3 Célula Animal. Conceptualización Moderna.**

Más tarde a partir de estos fundamentos que surge la conceptualización del tejido como lo concebimos actualmente. Etimológicamente la palabra tejido proviene de “tistre” como forma arcaica del verbo tejer. He aquí que los avances tecnológicos de la época, así como la contundencia en los estudios microscópicos realizados a los organismos permitieron conocer la complejidad estructural de los tejidos. Por otra parte surge la necesidad de clasificar los tejidos y surgen tres grandes clasificaciones: estructural, funcional y genético.

Debido a los estudios realizados a lo largo de la historia surge la ciencia que se encarga de estudiar los tejidos orgánicos, estructuras, desarrollo, funciones y

comportamientos, llamada “Histología” del griego *histós* que significa tejido y *logia* que significa tratado. Gracias a esta ciencia desde la época moderna se puede definir y clasificar los diferentes tejidos orgánicos, entre ellos la piel humana.

Se define tejido como: *Conjunto de células en el cual todos los componentes, sin tener necesariamente el mismo origen, embrionario, cumplen la misma función, tienen la misma estructura, la misma forma, la misma actividad.*<sup>6</sup> Una más actual sería: *Es la masa orgánica, formada por la asociación en un orden constante de células y elementos de ellas derivados, con características generales semejantes.*<sup>7</sup>

En conclusión se puede observar que los tejidos son pluricelulares, y es todo aquello que constituye a los organismos vivientes con base a la conformación de órganos. Se describe como órgano a todo sistema compuesto por más de dos tejidos primarios; existen diferentes tipos de tejidos primarios en el cuerpo humano, por ejemplo:

Tejidos Musculares – *tejido especializado en la contracción, existen tres tipos fundamentales: esquelético, cardíaco y liso.*

Tejido Nervioso – *consta de células nerviosas o también llamadas neuronas especializadas en la conducción y generación de impulsos eléctricos (sinapsis).*

---

<sup>6</sup> (Prenant, Bouin y Maillard, 1904).

<sup>7</sup> (Ferrer, 1975)

Tejido Epitelial – *es el tejido que consta de células que forman membranas para el revestimiento de superficies corporales y las glándulas que se derivan de estas membranas.*

Tejido Conjuntivo – *se caracteriza por grandes contenidos de material extracelular. Al material extracelular se le conoce como matriz y este tipo de tejidos encontrados en el cuerpo humano son: tejido adiposo, la sangre, el hueso, el cartílago y el tejido conjuntivo propiamente dicho (ej. dermis de la piel).*



**Fig 1.4 Tejido Epitelial**

Por lo tanto se conceptualiza a la piel (*véase secc. 1.2*) como un órgano compuesto de distintos tejidos primarios, mismos que dentro de este órgano cooperan entre sí.

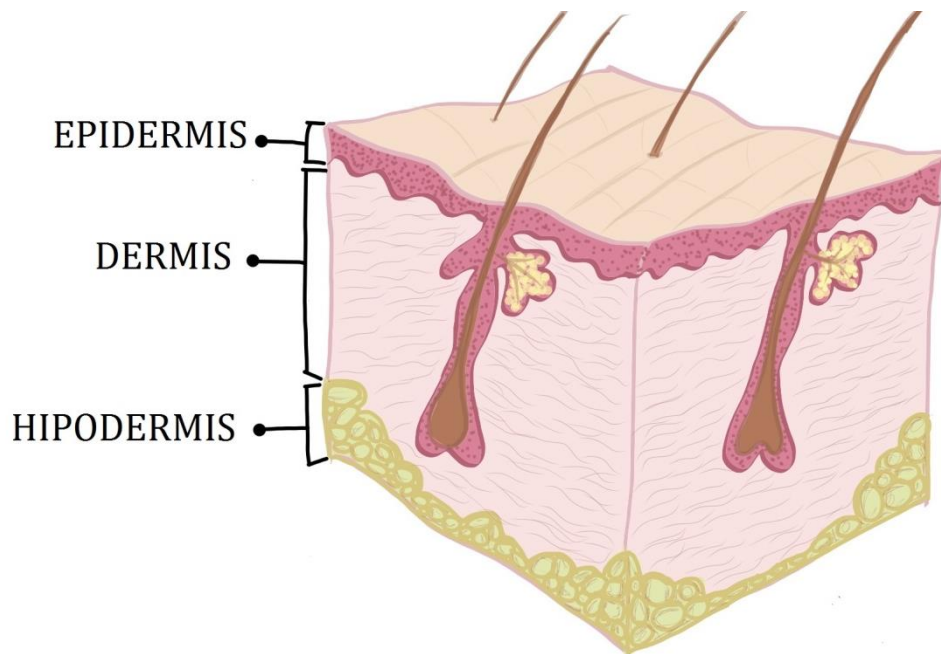


## 1.2 La Piel

La piel es el órgano más extenso en el cuerpo humano, y pertenece al sistema tegumentario, su nombre proviene del latín y del griego; dentro del latín para catalogar específicamente a la piel humana se utiliza el término *pellis* o *cutis* y por parte del griego se trata *dermathos* (δέρμα - “derma” que significa piel).

El sistema tegumentario está conformado por: la piel y sus derivados (uñas, pelo, glándulas sebáceas, sudoríparas y mamas), por lo que está encargado de diferentes funciones en el cuerpo humano, tales como: protección física, termorregulación, sistematización y reservación lipídica, excreción, síntesis de la vitamina D, etc.

La membrana cutánea es la que cataloga a la piel con dos grandes partes que la conforman: la Epidermis (epitelio superior - *epi*, encima + *derma*, piel) y Dermis (tejidos conjuntivos subyacentes). La primera está encargada de la protección contra traumatismos, controla la permeabilidad cutánea, previene la entrada de patógenos, etc. (véase secc. 1.2.1) y la segunda que se divide de forma general en: capa papilar y capa reticular; dos partes encargadas de nutrir la epidermis, el almacenamiento de reservas lipídicas, protección contra patógenos que hayan cruzado la dermis, etc. (véase secc. 1.2.2). Por otra parte, aunque no pertenece directamente al sistema tegumentario, se debe considerar la capa más profunda llamada “hipodermis”, debido a sus interconexiones con la dermis.



**Fig 1.5. Capas de la Piel Humana.**

A lo largo de la existencia del ser humano y la evolución del mismo el estudio de la piel ha representado una fuente de información de suma importancia ya que es un órgano que propicia la observación y la exploración; algunas enfermedades se manifiestan en la piel (enfermedades cardíacas, lesiones, enfermedades bacteriológicas, etc.). Por otra parte la piel ha sufrido cambios como consecuencia de adaptaciones al entorno; por ejemplo los primeros hombres como el *Australopithecus* hasta el *Homo sapiens sapiens* donde la piel del homínido sufrió cambios como la reducción de pelaje y disminución del pigmento debido a que

conforme el hombre fue evolucionando estos cambios permitían mayor movilidad y estabilidad en la temperatura corporal.<sup>8</sup>

Como características generales de este órgano, la piel no tiene un grosor uniforme, tampoco es lisa, más bien está caracterizada por pequeñas hendiduras y relieves de distinta naturaleza. Como se sabe la piel es diferente a lo largo de todo nuestro cuerpo, no es igual la piel que cubre las palmas a la piel que cubre los órganos genitales del ser humano.

La piel cumple con una serie considerable de funciones para el ser humano; funciones de tipo sensorial, protectoras, inmunitarias, etc. A continuación se expone de forma breve cada una de las funciones que desarrolla este órgano.

*Función de Protección – La piel funge como protector mecánico, térmico, contra la pérdida de fluidos, y protección contra agentes externos (ej. infecciones). La protección hacia agentes externos es debido a la queratina de la epidermis y las glándulas sebáceas, por otro lado la protección térmica está dada ya que la piel funciona como termorregulador natural del cuerpo, la protección contra infecciones es gracias a la epidermis y capa córnea que fungen como barrera para microorganismos.*

*Función Inmunitaria – Gracias a que la piel tiene células de Langerhans (3-8% de las células en la epidermis) el cuerpo puede protegerse contra patógenos.*

---

<sup>8</sup> (García – Porrero, 2005). *Anatomía Humana*

Función de Comunicación – *Por ejemplo, los cambios de color en la piel como la ruborización o palidez, la sensación de escalofrío (erizamiento de la piel) son mensajes dentro del cuerpo a diferentes estados emocionales del ser humano.*

Función Sensitiva – *La piel contiene diferentes receptores sobre su superficie que pueden determinar fenómenos como: dolor, presión, temperatura, etc. por lo tanto es el receptor de suma importancia para el sistema nervioso del cuerpo.*

La piel como sistema está compuesto estructuralmente de diferentes partes, pero principalmente de dos que han sido mencionadas anteriormente: La Epidermis y la Dermis. A continuación se describirá cada una de estas partes.

### **1.2.1 La Epidermis**

La epidermis, es un epitelio o tejido epitelial compuesto de varias capas que reviste la mayoría del cuerpo humano. Existen dos tipos principales de piel, la piel gruesa y la piel fina. La primera se puede observar en las plantas o las palmas y la segunda es la que cubre el resto del cuerpo. Esta capa de la piel está compuesta de cuatro tipos de células principales:

*Queratinocitos* – el tipo más abundante y a este tipo se le debe la formación de capas en la piel.

*Melanocitos* – este tipo responde hacia la radiación UV, acelerando la síntesis de la misma y transfieren la melanina. Se relacionan con la pigmentación de la piel.

*Células de Merkel* – es el tipo que estimula las terminaciones nerviosas al ser oprimidas, por lo tanto son sensibles al tacto.

*Células de Langerhans* – cumplen con una función esencial en el cuerpo humano, que es la de inmunizar. Son inmunitarias hacia patógenos que hayan cruzado la primera etapa de la epidermis y las células que forman cáncer en la piel.

La epidermis está conformada por varias capas, llamadas “estratos”. Dentro de estos estratos se encuentran:

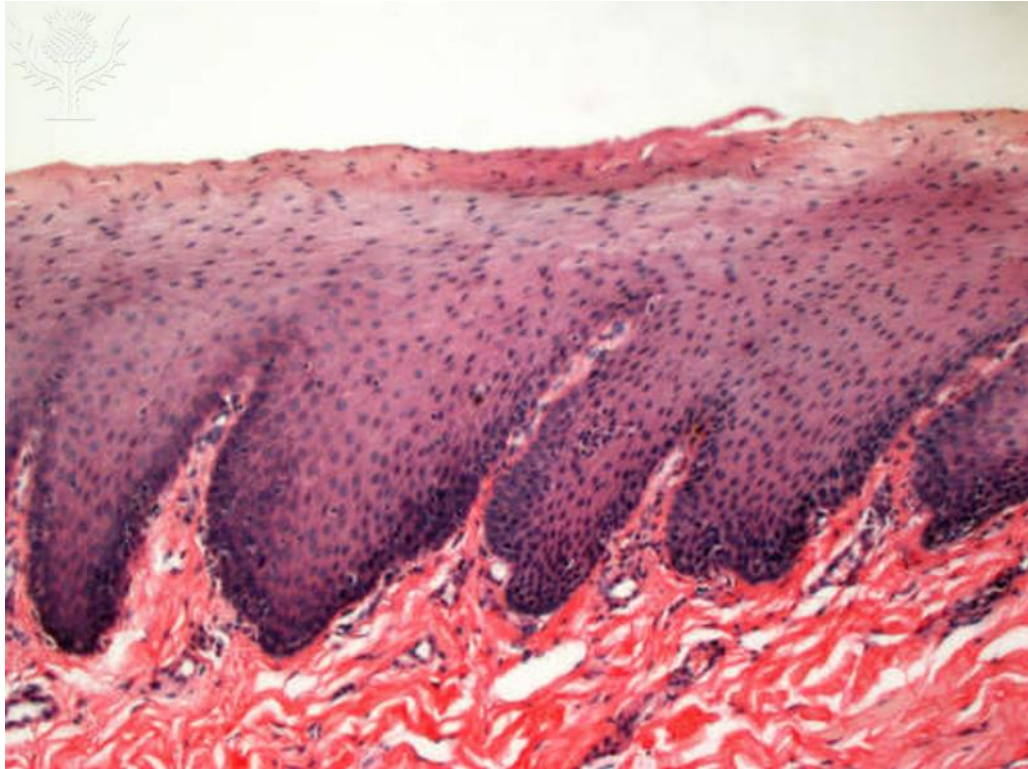
*Germinativo* – es la capa más profunda de la epidermis. Se le atribuye en parte la abundancia de melanocitos y por lo tanto la pigmentación de la piel.

*Espinoso* – es la capa que se relaciona con las células de Langerhans y por lo tanto con la función inmunitaria de la piel.

*Granuloso* – capa en donde la actividad de producción proteínica es importante, tal como la “queratina”. A esta proteína se le atribuye como componente básico estructural de uñas y pelo.

*Lúcido* – es la piel gruesa. Como se mencionó anteriormente es la piel que podemos encontrar en las palmas de la mano, por ejemplo.

*Córneo* – este estrato ocupa la piel gruesa y fina, consta de alrededor de 15 a 30 capas. Se le asocia con las secreciones de glándulas (sudoríparas y sebáceas).<sup>9</sup>



**Fig.1.6. Imagen que muestra los estratos en la epidermis. Fotografía por: David M. Phillips. Recuperado de: Encyclopædia Britannica ImageQuest**

---

<sup>9</sup> (Martini, Timmons y Tallitsch, 2009). *Anatomía Humana*

### 1.2.2 La Dermis

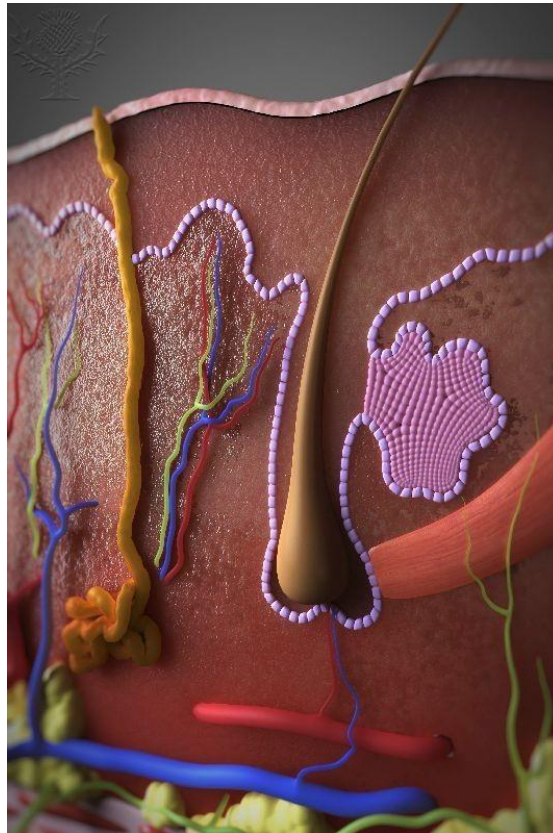
Es un tejido conjuntivo que se adhiere a la epidermis. Se encuentra formado de dos capas principales:

*Capa Reticular* - conformada de “fibras elásticas” que rodean a los vasos sanguíneos, nervios, glándulas, etc. A esta capa se le atribuye la elasticidad, las arrugas, estrías, líneas de incisión etc.

*Capa Papilar* - es la región que contiene a los capilares que irrigan la epidermis. A esta capa se le atribuye la “conexión” neuronal y sensorial que controlar la etapa receptiva de la piel. <sup>10</sup>

---

<sup>10</sup> (Martini, Timmons y Tallitsch, 2009). *Anatomía Humana*



**Fig.1.7. Corte transversal de la piel humana. Se muestra la dermis. Fotografía por: Superstock. Recuperado de: *Encyclopædia Britannica ImageQuest***

### **1.3 Sistemas TDDS, la Iontoforesis y sus inicios**

La administración de agentes químicos se ha llevado a cabo desde hace mucho tiempo, para fines de curación, prácticos, cosmetológicos, etc. Las raíces de estos métodos se basan en aplicaciones tópicas, las cuales consistían en localizar el área y aplicar el medicamento; se ha creído a través de la historia que la ruta para la aplicación de sustancias y así curar enfermedades o infecciones, sin embargo eso



no se entendía como en la actualidad. Fue hasta principios del siglo XX donde se buscó incrementar la permeabilidad de la piel. Fue Scheuplein y sus colaboradores quienes investigaron la permeabilidad de la piel, utilizando un sistema de tres capas: estrato córneo, epidermis y dermis; todos esos estudios realizados *in vitro*.<sup>11</sup>

### **1.3.1 Antecedentes de la Iontoforesis: los inicios.**

Antes de que la electricidad fuera descubierta, la utilización del “pez torpedo” (*Torpedo Fuscomaculata*) fue empleado para el tratamiento de la gota. Posterior al descubrimiento de la electricidad surgen las aplicaciones para penetrar sustancias a través de los tejidos utilizando corriente eléctrica a mediados del siglo XVIII.<sup>12</sup>

Tiempo después este tipo de experimentación continuaron, pero en esos momentos este tipo de prácticas no se consideraban del todo éticas, ya que las pruebas eran realizadas en animales y seres humanos.

A finales del siglo XIX, William J. Morton, se interesó en el transporte de sustancias a través de tejidos y fue el autor de un libro llamado “Cataphoresis”, publicado en 1898. Este científico realizó experimentos con su propio cuerpo,

---

<sup>11</sup> (Donnelly, Raj Sighn, et.al., 2012). *Microoneedle-mediated: Transdermal and Intradermal drug delivery*.

<sup>12</sup> (Banja, A.K., 1998). *Electrically Assisted Transdermal and Topical Drug Delivery: Metabolism and Molecular Physiology of Saccharomyces*.

haciendo transportar grafito a través de su brazo con un electrodo, situación que produjo como consecuencia manchas negras en la piel que tuvieron duración de semanas.<sup>13</sup>

Otras de las primeras aplicaciones “iontoforéticas” fue introducida por Benjamin Ward Richardson\*, con un método conocido como “narcotismo voltaico”. Consistía en aplicar anestesia a procedimientos dentales donde aplicaba narcóticos fuertes como el cloroformo a través de corriente eléctrica.

Fue Alessandro Volta, que aparte de construir la pila voltaica (batería), intento hacer fluir corriente eléctrica de manera constante para transportar sustancias o entidades químicas a través de membranas.

La verdadera primera aplicación terapéutica con base en la Iontoforesis, surge en 1936 para el tratamiento de la excesiva sudoración en las palmas, donde se observó que el sudor podía ser reducido bajo el uso de ciertas sustancias iónicas aplicadas mediante diferentes técnicas electroforéticas. Este tratamiento fue la piedra angular para el tratamiento conocido como hiperhidrosis.

---

<sup>13</sup> (Banja, A.K., 1998). *Electrically Assisted Transdermal and Topical Drug Delivery: Metabolism and Molecular Physiology of Saccharomyces*.

\* Benjamin Ward Richardson (1828 – 1896). *Médico, Fisiólogo y anestesiólogo inglés. Galardonado por la Sociedad Británica de Medicina.*

A continuación se muestra una tabla, que representa las primeras aplicaciones con base en la Iontoforesis.

Científico	Período	Sustancia	Posible Aplicación
Richardson	1850 a 1900	Cloroformo	Anestesia
Manzieri	1850 a 1900	Quinina, Atropina	
Edison	1850 a 1900	Sal de Litio	
Ehrmann	1850 a 1900	Sales de Mercurio	
Morton	1850 a 1900	Cocaína	
	>1930	Zinc (Zi)	Cuidado en heridas
	>1930	Cobre (Cu)	Sustituto del Zinc
	>1930	Plata (Ag)	Para el dolor
	>1930	Cloro (Cl)	Suavización de citracización
	>1930	Mercurio (Hg)	Úlceras Sifílicas
	>1930	Litio (Li)	Tipos específicos de Artrítis.
	>1930	Cocaína	Anestesia
	>1930	Adrenalina	Vasoconstricción
	>1930	Quinina	Neuritis
	>1930	Histamina	Enfermedades Reumáticas.

**Tabla 1. Cronología. Algunas aplicaciones con base en la Iontoforesis. ♦♦**

#### 1.4 Estado del Arte en los Sistemas de Dosificación Transdérmica (TDDS)

A través de la historia el ser humano ha creado sustancias o formulaciones tópicas para el tratamiento de diferentes condiciones médicas de tipo local, por

---

♦♦ (Helmstädter, s.a.). Tabla recuperada del documento: *The History of Electrically Assisted Transdermal Drug Delivery*.

ejemplo ungüentos, pomadas, cremas, etc. Este es el antecedente para el desarrollo de los sistemas de tipo transdérmico que actualmente este tipo de sistemas contribuyen al avance y proyección de desarrollo en el mundo de la medicina.

En 1979 en los Estados Unidos se aprobaron los primeros sistemas de suministro transdérmico, conocidos como “parches para tres días”; donde se puede ejemplificar con algunos que actualmente se utilizan para tratamientos físicos; por ejemplo, los parches de nicotina como terapia para dejar el tabaquismo. Actualmente existen aproximadamente 19 sistemas de dosificación para diferentes sustancias como: testosterona, lidocaína, analgésicos, sistemas anticonceptivos, tratamientos hormonales, entre algunos más.<sup>14</sup>

Por el otro lado los sistemas de dosificación a través de la piel tienen numerosas ventajas sobre las aplicaciones hipodérmicas (inyecciones, vacunas) y suministros de tipo oral. En comparación con las aplicaciones hipodérmicas, la dosificación transdérmica no causa dolor, problemas de carácter infeccioso por la reutilización de las agujas y no contribuye con la generación de desperdicio tóxico. Por otra parte a diferencia de la administración de tipo oral, la gran ventaja de los sistemas transdérmicos es que el hígado, órgano encargado de metabolizar todo lo que el cuerpo humano adquiere, no efectúa la acción de metabolizar prematuramente el medicamento.

---

<sup>14</sup> (Prausnitz y Lager, 2008). *Transdermal Drug Delivery*

Realmente este tipo de sistemas tienen un gran impacto y aportaciones en el mundo de la medicina; son sistemas no invasivos. Se entiende por no invasivo a todo sistema que no penetre el tejido humano; descrito de otra forma que no transgreda el tejido saludable.

Por el otro lado este tipo de sistemas también pueden ser auto – aplicados; esto quiere decir que el mismo paciente puede hacer uso de estos sistemas sin necesidad de acudir a una clínica u hospital.

Este tipo de sistemas se pueden clasificar en tres generaciones, mismas que desde hace tiempo se han ido desarrollando y actualmente continúan en ese proceso. Las tres generaciones son:

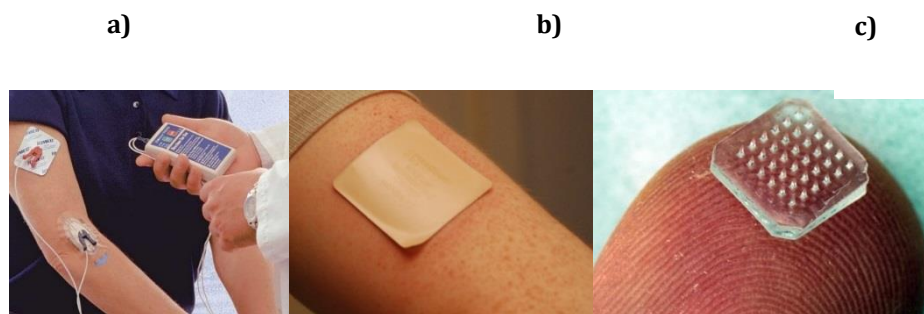
Sistemas de 1<sup>a</sup> Generación – *Mencionados anteriormente como parches. Actualmente su desarrollo e utilización se mantienen constantes y si existen nuevas aplicaciones y mejoras en los materiales.*

Sistemas de 2<sup>a</sup> Generación – *Podría decirse que son sistemas con un grado mayor de aplicaciones, complejidad y desarrollo. Actualmente sus aplicaciones incrementan y este tipo es el que categoriza la base del proyecto.*  
(Véase secc. 1.4.1)

Sistemas de 3<sup>a</sup> Generación – *Son sistemas que aunque siguen sin considerarse invasivos, ya utilizan agujas microscópicas llamadas “micro-agujas” (traducción directa del inglés). Son sistemas que penetran la primera delgada capa de la piel y actualmente tienen la mayor proyección de desarrollo en el campo médico.*

Sin embargo el crecimiento de estos sistemas siempre ha tenido un factor en contra, la cantidad de sustancias disponibles para ser suministradas son “limitadas”. Por otra parte los sistemas de tipo iontoforético o que utilizan corriente eléctrica han tenido un resultado satisfactorio y prometedor.<sup>15</sup>

En la siguiente figura se muestran imágenes de los diferentes tipos de sistemas.



**Fig. 1.8. Ejemplos de Sistemas para la Dosificación Transdérmica. a) Primera Generación – Parche Anti nicotina. b) Segunda Generación – Sistema Iontoforético para tratamiento fisiológico, c) Tercera Generación – Micro – agujas para diferentes aplicaciones médicas (ej. vacunas).**<sup>16</sup>

---

<sup>15</sup> (Prausnitz y Lager, 2008). *Transdermal Drug Delivery*

<sup>16</sup> Sistemas para la dosificación transdérmica. *Recuperadas de:*

- a) [http://en.wikipedia.org/wiki/Transdermal\\_patch](http://en.wikipedia.org/wiki/Transdermal_patch)
- b) <http://www.therapeuticdynamics.com/Modalities.html>
- c) <http://epiphanyscience.wordpress.com/tag/microneedle/>

Hoy en Estados Unidos y Europa, ya se están implementando este tipo de sistemas, enfocando su desarrollo a partir de nuevas fuentes de investigación.

#### **1.4.1 Sistemas Transdérmicos de 2ª Generación**

Este tipo de sistemas enfrenta un reto aún más grande que los otros sistemas, ese reto es incrementar la efectividad de la permeabilidad en la piel; esto para ampliar el panorama y así poder generar un mayor número de aplicaciones en base a la dosificación transdérmica.

El incremento de efectividad depende de los siguientes aspectos importantes:

- La permeabilidad de la piel de forma reversible, perturbando el estrato córneo localizado en la epidermis.
- La generación de una fuerza que impulse de mejor manera el transporte de sustancias dentro de la piel.
- Evitar la lesión en tejidos vivos y profundos.

Este tipo de sistemas se encuentran en el duelo constante entre lograr la penetración al estrato córneo, sin afectar los tejidos profundos del sistema tegumentario, por lo que este tipo de sistemas focaliza las mejoras en áreas específicas, tales como: cosmetología, dermatología, transportación de moléculas y macromoléculas.

Algunos ejemplos de este tipo de sistemas son: ultrasonido o ecografía no cavitacional, penetradores químicos (hidrocarburos como: ácido oleico, dimetil sulfóxido, etc.) y dispositivos iontoforéticos.<sup>17</sup> Los terceros, son la base fundamental que aborda este trabajo y método que ese profundiza en el capítulo siguiente.

### **1.5 ¿Qué es la menopausia?**

La menopausia natural se define como la suspensión permanente de los periodos menstruales durante un periodo de 12 meses consecutivos sin la presencia de cualquier otra patología o alteración fisiológica.<sup>18</sup> Tiene una edad media de aparición de 51.4 años y es el resultado de la depleción o falla de la función ovárica, teniendo como resultado niveles bajos de estradiol. Cuando esta se presenta antes de los 40 años, se define como falla ovárica prematura.

La perimenopausia es la etapa de transición de los primeros síntomas que se presentan antes de que ocurra la menopausia y se caracteriza por irregularidades menstruales, cambios endócrinos y sintomatología tal como los bochornos, alteraciones del estado de sueño, estado de ánimo y resequedad vaginal. Por lo

---

<sup>17</sup> (Prausnitz y Lager, 2008). *Transdermal Drug Delivery*

<sup>18</sup> (Ralph T, C. y Carvajal C., J., 2012). *Manual de Obstetricia y Ginecología*



general ocurren en promedio 4 años antes que se presente el último periodo menstrual.

Desafortunadamente solo el 20-30% de las pacientes buscan atención médica.

Gran parte de la información endócrina y de las manifestaciones clínicas de la perimenopausa se ha obtenido de varios estudios de cohorte longitudinales. El más robusto fue el *Study of Women's Health Across the Nation (SWAN)*, este estudio fue multicéntrico con una cohorte basada en la comunidad de más de 3000 mujeres entre los 42 a 52 años durante 15 años.

Basado en los datos recolectados por los estudios de cohorte, se desarrolló un sistema de etapas de los cambios reproductivos a través de los años hasta la menopausia que hoy se considera como la referencia. Este es conocido como "The Stages of Reproductive Aging Workshop Staging System".

¿Qué es lo que sucede durante esta etapa? Ocurren diferentes cambios, por ejemplo: falla ovárica, cambios hormonales causados por la disminución de producción de estrógeno, síntomas vasomotores como sudoración nocturna, sensaciones de calor (bochornos). Por otra parte en casos extremos se pueden presentar situaciones más severas como: atrofia urogenital, pérdida ósea, riesgo cardiovascular.

La afección de la menopausia no es la misma en las mujeres de todo el mundo, hay interferencia de factores como el estatus social, la educación, religión, ect. Esto pone "sobre la mesa" la necesidad en el manejo y tratamiento de la calidad de vida de la mujer madura.

## The Stages of Reproductive Aging Workshop +10 staging system for reproductive aging in women

Stage	-5	-4	-3b	-3a	-2	-1	+1a	+1b	+1c	+2
Terminology	REPRODUCTIVE				MENOPAUSAL TRANSITION		POSTMENOPAUSE			
	Early	Peak	Late		Early	Late	Early			Late
					Perimenopause					
Duration	Variable				Variable	1-3 years	2 years (1+1)	3-6 years	Remaining lifespan	
<b>PRINCIPAL CRITERIA</b>										
Menstrual cycle	Variable to regular	Regular	Regular	Subtle changes in flow/strength	Variable length: Persistent $\geq 7$ -day difference in length of consecutive cycles	Interval of amenorrhea of $>=60$ days				
<b>SUPPORTIVE CRITERIA</b>										
Endocrine FSH AMH Inhibin B			Low Low	Variable* Low Low	$\uparrow$ Variable* Low Low	$\uparrow >25$ IU/L* Low Low	$\uparrow$ Variable Low Low	Stabilizes Very low Very low		
Antral follicle count			Low	Low	Low	Low	Very low	Very low		
<b>DESCRIPTIVE CHARACTERISTICS</b>										
Symptoms						Vasomotor symptoms <i>Likely</i>	Vasomotor symptoms <i>Most likely</i>			Increasing symptoms of urogenital atrophy

Arrow: elevated; FMP: final menstrual period; FSH: follicle-stimulating hormone; AMH: anti-müllerian hormone.

\* Blood draw on cycle days 2 to 5.

- Approximate expected level based on assays using current international pituitary standard.

Reproduced with permission from: Harlow SD, Gass M, Hall JE, et al. Executive Summary of the Stages of Reproductive Aging Workshop + 10: Addressing the Unfinished Agenda of Staging Reproductive Aging. *J Clin Endocrinol Metab* 2012. Copyright © 2012 The Endocrine Society.

UpToDate®

Fig. 1.9. Etapas del envejecimiento reproductivo. Recuperado de: <http://www.uptodate.com>

## *Capítulo 2*

### **IONTOFORESIS Y LA TERAPIA DE REEMPLAZO HORMONAL**

El capítulo anterior aborda desde la historia de la medicina, las primeras aplicaciones con base en la Iontoforesis hasta los sistemas de transmisión transdérmica utilizados actualmente, por otra parte esboza la estructura anatómica de la piel de manera introductoria y por último expone la problemática que da justificación a este trabajo que es la menopausia. Este próximo capítulo presentará la esencia de la primera parte y profundizará en los conceptos teóricos que son necesarios para este proyecto.

#### **2.1 Terapias de Reemplazo Hormonal (TRH)**

El objetivo principal de este tipo de terapias es el de salvaguardar la calidad de vida de las mujeres. Según Santiago Palacios, presidente del XII Congreso Mundial de Menopausia celebrado en Madrid , España explicó que el veinte por ciento de tres mil doscientas millones de mujeres en el mundo tiene un promedio de edad de cincuenta años, lo que significa que ya se encuentran o están por entrar a esta etapa, a lo que Palacios enfatizó “No hay excusas para que cualquier mujer

que necesite tratamiento concreto para combatir los síntomas menopaúsicos que merman su calidad de vida, no sean tratados correctamente”.<sup>19</sup>

La TRH consisten en administrar por diferentes vías, ya sean enterales o parenterales de hormonas o cualquier otra sustancia que alivien la sintomatología asociada a la deprivación hormonal endógena. Actualmente es el método más efectivo para aliviar los síntomas de la menopausia. Anteriormente estas terapias eran utilizadas para la prevención de enfermedades crónicas (*ej. Osteoporosis, problemas cardiovasculares, etc.*) Actualmente esto ya no es recomendable debido a que existen otros métodos de mayor efectividad para este tipo de condiciones. Por el otro lado, la ayuda que proveen este tipo de terapias es muy importante, ya que ataca síntomas como: los vasomotores, cambios de estado de ánimo, atrofia vaginal, entre otros.

Para la administración de estas terapias es importante considerar ciertos factores de la paciente, como: edad, síntomas que presentan, etc. Por ejemplo, uno de los factores de mayor importancia es la edad de la paciente. El estudio de referencia fue *The Women Health Initiative* (WHI) que demostró que las TRH en mujeres de edades superiores a los 60 años presentan mayor número de reacciones adversas que las mujeres de menor edad (40 – 50 años). Por otra parte para que la

---

<sup>19</sup> (Serrano, R., 2008). Las diferencias culturales entre los países dictan el abordaje de la menopausia.

paciente pueda ser administrada con este tipo de terapias debe de ser candidata para la misma; esto quiere decir que debe al menos de presentar síntomas vasomotores moderados hasta severos, aparte de no tener historial clínico de problemas cardíacos, trombosis, enfermedades hepáticas, etc.<sup>20</sup>

Idealmente los diferentes tipos de terapias en donde se administra estrógeno poseen la misma efectividad, entre ellos se encuentran: oral, parenteral y transdérmico. Sin embargo el comportamiento de la formulación hormonal a considerar dentro del organismo no es el mismo, ya que dependiendo de su tipo de metabolismo nos permite conocer sus alcances y limitaciones.

Comenzar la terapia con estrógeno de forma transdérmica, tiene un mayor potencial debido a que este método se asocia con un bajo riesgo de presentar problemas vasculares, como trombosis o derrames cerebrales y una mayor biodisponibilidad ya que evita el metabolismo de primer paso por el hígado.

¿Cuál es la sustancia más común en este tipo de terapias? Es el *estradiol* (véase sección 2.2), de forma continua o también conocida como sin oposición para pacientes a quienes se les extirpó el útero de forma total o parcial (*histerectomía*) o

---

<sup>20</sup> (Martin, A. K., y Barbieri, L.R., 2014). *Treatment of menopausal symptoms with hormone therapy*. Recuperado de: <http://www.uptodate.com>

de forma combinada con *progestinas* (derivados sintéticos de la progesterona) para pacientes con útero.

¿En qué consisten este tipo de terapias? En administrar la menor dosis posible de estas sustancias para el alivio de la sintomatología asociada con la menopausia. Las TRH deben de administrarse de forma continua y constante. Generalmente deben de ser a corto plazo como máximo 5 años dependiendo del contexto clínico de cada paciente, ya mayor tiempo puede traer consecuencias adversas e incrementar la morbilidad asociada a su empleo.

### **2.1.1 Efectos adversos a la TRH**

Este tipo de terapias, aunque son benéficas para las pacientes, desafortunadamente también traen consigo efectos adversos, tales como: *cambios de humor, en ocasiones dolores en el busto, sangrado vaginal en terapias adicionadas con progestinas en los primeros meses.*

Por otro lado, en terapias con exposición mayor a 5 años, existe el riesgo de desarrollar cáncer de mama.<sup>21</sup>

Pero toda vez que se valoran los riesgos y los beneficios que otorgan estas TRH, respetando sus límites, indicaciones, alcances y tiempo de administración, estos superan los riesgos e incrementan la calidad de vida de

---

<sup>21</sup> (Martin, A. K., y Barbieri, L.R., 2014). *Treatment of menopausal symptoms with hormone therapy*. Recuperado de: <http://www.uptodate.com>

las mujeres en esta etapa tan crítica por la deprivación de su función hormonal ovárica.

## 2.2 ¿Qué es el estrógeno y el estradiol?

El estrógeno es un grupo de hormonas responsable del desarrollo reproductivo y sexual en las mujeres. Dentro de este grupo se encuentran el estradiol (más abundante), el estriol y la estrona. Este grupo de hormonas es producido en los ovarios, tejido adiposo y las glándulas adrenales. Principalmente el estradiol y la estrona son producidos por los ovarios en mujeres jóvenes, mientras que el estriol es producido en la placenta durante el embarazo. <sup>22</sup>

El estrógeno fluye en el torrente sanguíneo y este afecta a secciones del cuerpo específicas, como los huesos, los senos, el útero, el hígado, el corazón, etc.

---

<sup>22</sup> Healthy Women. Estrogen. *Recuperado de:*  
<http://www.healthywomen.org/condition/estrogen>

**Table 2. Tissues responsible for the steroid hormones secretion**

Organ	cell type	secretion	control
Adrenal cortex	glomerulus zone	aldosterone	angiotensin, Na <sup>+</sup> /K <sup>+</sup> ratio
	Reticular fasciculated	cortisol dehidroepiandrosterone (DHEA)	adenocorticotropic hormone (ACTH)
Testicles	Leydig cells	testosterone, 4-androsteno-3,7-dione	luteinizing hormone(LH)
Ovary	follicule (teca)	estradiol	LH and follicule stimulating hormone (FSH)
	Stroma	4-androsteno-3,7-dione	LH
	Corpus luteum	progesterone	LH
Placenta		progesterone	chorionic gonadotropin (HGC)
		Estradiol	HGC
		Estriol	HGC

**Fig.2.1. Tejidos Responsables de la secreción de hormonas esteroides en el ser humano.** Hoffmann, Anne B. (2011). *Endocrinology Research and Clinical Developments: Sex Hormones: Development, Regulation and Disorders*. E.U.

### 2.2.1 Terapias Estrógeno – Progesterona: usos típicos.

Actualmente las terapias se llevan a cabo por diferentes métodos y aplicaciones, pero lo más común es el uso de la combinación de estrógenos y progesterona.

¿Para qué se utilizan? Como se mencionó anteriormente se utilizan principalmente para aliviar los síntomas asociados a la menopausia, tales como: síntomas vasomotores, atrofia vaginal, prevención o tratamiento para osteoporosis.

¿En qué presentaciones? Estas formulaciones comúnmente se encuentran en presentaciones como: inyectables, geles tópicos, cremas vaginales, vía oral



(tabletas y cápsulas), óvulos, parches y dispositivos que se introducen en la vagina (anillo).

Los compuestos más comunes (aunque no todos) son los siguientes:

- Estrógenos conjugados: se refieren a una mezcla de más de 8 compuestos.
- Etinilestradiol: es un estrógeno sintético que actúa muy similar al estradiol.
- Mestranol: composición similar al etinilestradiol, pero tiene la cualidad de metabolizarse más rápido.
- Estradiolos: son diferentes tipos y composiciones, semi-sintéticos y tienen el uso principal en terapias para menopausia.

Por el otro lado, estos compuestos se combinan dentro de este tipo de terapias con progesterona, la cual es la hormona que se involucra en los ciclos hormonales de la mujer. Tiene principales usos anti-mineral corticoides y anti androgénicos.

También existen compuestos que se combinan con las formulaciones anteriores para este tipo de terapias, algunos ejemplos son:

- Acetato ciproterona
- Didrogestrona

- Drospirenona
- Entre muchas más.

Es posible considerar que las terapias con estrógeno - progesterona presenten la misma efectividad, pero los efectos metabólicos son distintos.

Por ejemplo, el uso por vía transdérmica de primera generación (parches) la dosis recomendada para esta forma de administración es de 0.025mg por cada parche en un lapso de tiempo entre 24 y 40 hrs. A diferencia de la vía oral que la dosis recomendada es 0.5 mg por día.

Cabe mencionar y enfatizar en este punto, que las dosis recomendadas están basadas en experimentación estadística ya que es bien conocido que no todos los organismos reaccionan de la misma forma.

### **2.3 ¿Qué es la Iontoforesis?**

Originario del griego “ion” [ἰον “yendo o ir”] y de “foresis” [φορεσις “phóresis”] que significa transporte.<sup>23</sup>

Este método o aplicación se basa en el uso de corriente eléctrica (niveles aceptables para el ser humano) para la transferencia o transportación de sustancias

---

<sup>23</sup> Raíces Etimológicas. Recuperado de: <http://etimologias.dechile.net/griego/?Raices>

iónicas al cuerpo; por otra parte es preferible el uso de sustancias hidrosolubles (solubles en agua) así como sustancias con un peso molecular bajo, tales como: péptidos terapéuticos y proteínas.

Para este tipo de aplicaciones se utilizan electrodos con polaridad igual a la sustancia por transferir (+/-), debido a esto la sustancia o droga es impulsada por medio de la “repulsión electroestática”; mismo signos se repelen.

Esta es una técnica que consigo trae un número significativo de ventajas, ya que permite la expansión para aplicaciones de sustancias iónicas de forma controlada. La iontoforesis presenta una oportunidad única para los sistemas de dosificación.<sup>24</sup>

¿De qué depende la efectividad de esta técnica? Existen puntos principales para que este método sea efectivo, entre ellos se encuentran:

- Diseño del dispositivo electrónico (*véase capítulo III*)
- Consideración de las variables fisiológicas del sujeto de estudio.

Estos son los dos principales puntos del proyecto a desarrollar, ya que por una parte el primero es el centro de este proyecto y el segundo es el factor principal de consideración para hacer funcionar el primer aspecto. A continuación se

---

<sup>24</sup> (Banja, A. K., 1998). *Electrically Assisted Transdermal and Topical Drug Delivery*

presenta las variables incluidas en las consideraciones fisiológicas y biológicas del sujeto de estudio, desde una perspectiva generalizada.<sup>25</sup>

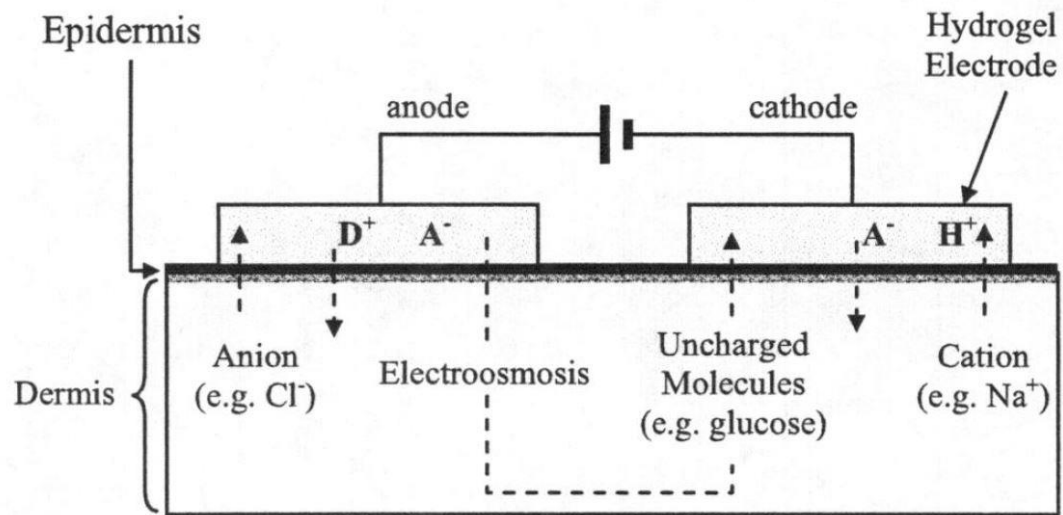


Fig.2.2. Diagrama que muestra la dosificación de medicamento utilizando iontoforesis

## 2.4 Absorción Transdérmica o Percutánea

¿Qué es lo que se refiere con absorción transdérmica o percutánea? A lograr la transportación efectiva de la sustancia a través de la piel; como se mencionó en el capítulo anterior, la piel tiene una estructura conformada por dos elementos principales: la epidermis y la dermis y el cómo se conforman a grandes rasgos cada

---

<sup>25</sup> (Banja, A. K., 1998). *Electrically Assisted Transdermal and Topical Drug Delivery*

uno. Por otra parte la propiedad inmunológica de la piel juega un papel muy importante en llevar a cabo este fenómeno, es la propiedad permite que la piel haga distinción de sustancias externas al sistema; debido a esto se puede afectar la efectividad de la transportación.

Dentro de la absorción es necesario vencer al estrato córneo; mencionado anteriormente como la sección conformada por un significativo número de capas que abarcan un espesor de alrededor 15  $\mu\text{m}$  (quince micrómetros). Esta sección se encuentra como parte de la epidermis; dentro de la misma la composición es mayormente lipídica (capa formada por lípidos) y dentro de esta composición predomina la de tipo “fosfo-lipídica”. Esto quiere decir que no son tan permeables a los líquidos, misma situación que implica una barrera en la aplicación de esta técnica. Por el otro lado, el estrato córneo no permite la pérdida de líquidos, por lo que como se mencionó, esta es la barrera principal permeable en el proceso de absorción.

La transmisión de las sustancias depende directamente de la solubilidad y el coeficiente de difusión de la sustancia, elementos que son considerados como variables en esta técnica. Cabe mencionar que la transportación se puede realizar a través de estrato córneo entre células o por el uso de las proteínas en las mismas, a esto se le llama “Transpidérmico (*del inglés Transpidermal*)”.<sup>26</sup>

---

<sup>26</sup> (Banja, A. K.,1998). *Electrically Assisted Transdermal and Topical Drug Delivery*

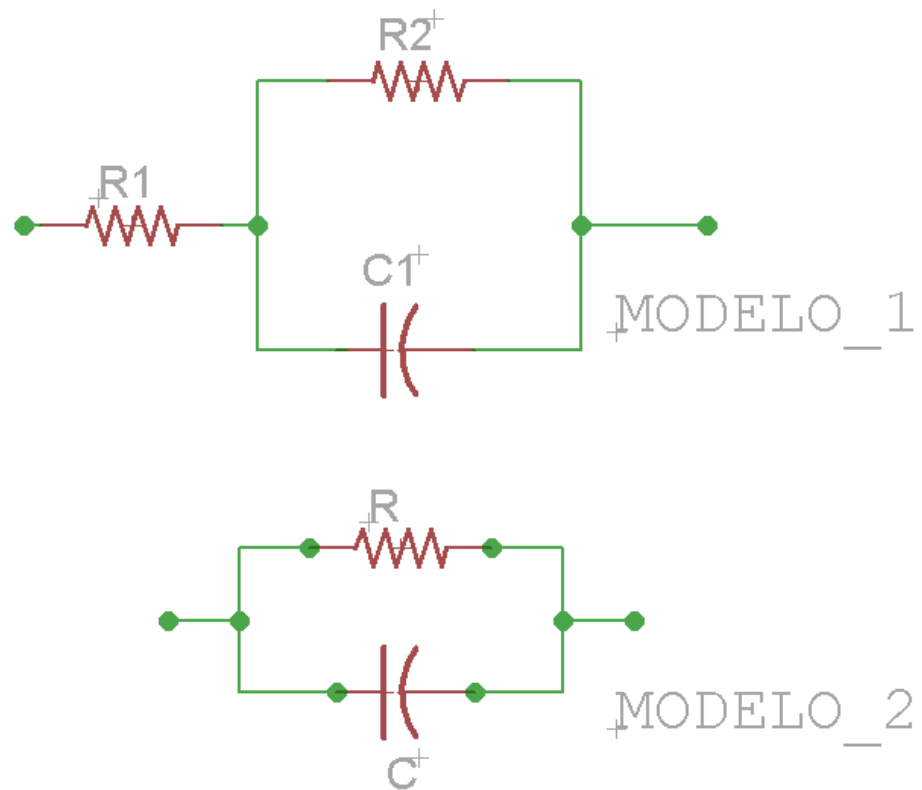
## 2.5 Propiedades Eléctricas de la piel.

En la sección anterior se expone un concepto teórico que llega a explicar de manera burda, la absorción a través de la piel, pero para el procedimiento con base en la Iontoforesis, la situación cambia ligeramente, es por ello que se debe mencionar las propiedades eléctricas de la piel, ya que este procedimiento es llevado a cabo con corrientes eléctricas. A continuación se presentarán algunas de las características principales de la piel dentro de su comportamiento y modelo eléctrico.

Como se mencionó anteriormente, una de las secciones de la piel con alta resistividad eléctrica, es el estrato córneo, mismo que es el elemento fundamental en la impedancia de la piel humana. ¿A qué se debe la alta o baja resistividad eléctrica de la piel? Se debe a la cantidad de agua en la misma, concepto que se conoce como humectación. Cuando el estrato córneo se encuentra alrededor del veinte por ciento de humectación, lo que es un nivel de humectación bajo, (>20%) se ha estudiado que es difícil que exista un nivel de conducción de corriente eléctrica óptimo; por el otro lado, si se encuentra en un nivel normal de humectación (>70%), el nivel de conducción es el adecuado para llevar a cabo este procedimiento.

La piel y la mayoría de los tejidos orgánicos, tienen una relación directa con conceptos eléctricos básicos. La piel tiene propiedades análogas a la *capacitancia eléctrica*, debido a que almacena energía. Se ha estudiado que la piel puede ser modelado de forma eléctrica como un circuito simple de tipo RC (Resitivo – Capacitivo), por lo que se puede conceptualizar a la piel, como un modelo reactivo.

Existen diferentes modelos eléctricos de circuitos RC, que nos permiten simular el comportamiento de la piel. A continuación se presenta el modelo básico del estrato córneo, el cual consiste en un resistor en serie con un arreglo en paralelo de un resistor con un capacitor.



**Fig.2.2. Modelo eléctrico del estrato córneo. Circuito Reactivo. Esquemático generado en CadSoft EAGLE.**

¿Cuál es la importancia de las propiedades de la piel? El conocer el comportamiento eléctrico de la piel, es de vital importancia ya que permitirá

realizar el procedimiento transdérmico efectivo, sobre todo el conocimiento de la impedancia de la misma; por ejemplo, mediciones como los electroencefalogramas (EEG) o los electrocardiogramas (ECG) dependen en su totalidad de conocer la impedancia del tejido.

¿Cómo se comporta la piel? A parte de su comportamiento análogo eléctrico, la piel presenta diferentes resultados en este tipo de procedimientos; debido a que el procedimiento que conforma este trabajo, tiene como herramienta de transporte el uso de corriente eléctrica se debe de saber que la piel:

- A mayor corriente eléctrica, menor es la resistividad que presenta.
- El nivel de humectación o cantidad de agua en la misma, es fundamental.
- El uso de señales pulsantes de voltaje y corriente eléctrica disminuye la resistividad de la piel.
- La piel en contacto con el electrodo formará un valor de impedancia característico, mismo que será utilizado para cálculos y mediciones.
- La resistividad también experimenta un decremento debido a una cantidad considerable de sudoración, reorientación de las moléculas lipídicas en los folículos capilares.

Experimentación *in vitro* (piel extirpada y sin vello) en una prueba extrema mostró que la resistividad de la piel disminuye considerablemente en las siguientes condiciones:  $0.16 \text{ mA/cm}^2$  en un tiempo de 60 minutos de exposición.



Por otra parte, experimentos y pruebas realizadas en laboratorio han ayudado a mostrar el comportamiento de los tejidos, cabe mencionar que la experimentación se realizó con piel extirpada y tejido de ratón de laboratorio. Algunos de los comportamientos arrojados por la experimentación son:

Disoluciones hipotónicas – *mayor grado de conductividad, mantienen simetría en perfiles de corriente y voltaje.*

Disoluciones isotónicas o hipertónicas – *asimétricas en perfiles de voltaje y corriente, por lo tanto menos conductivas.*

Temperatura - *factor primordial que afecta la resistividad del tejido; muestra la siguiente relación:*

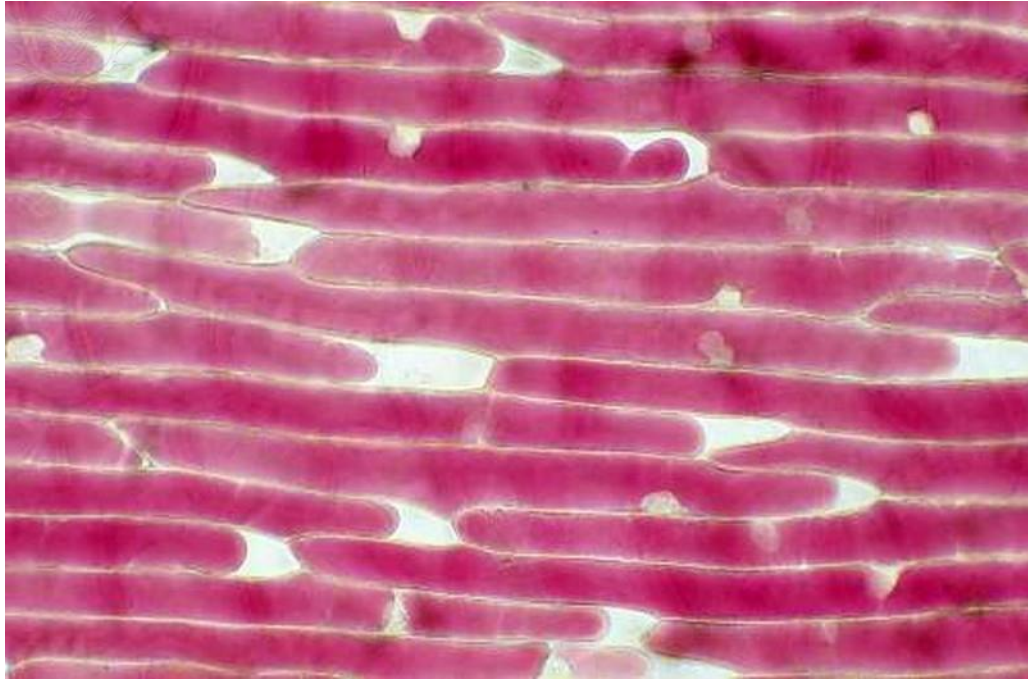
→ *Mayor temperatura – menor impedancia y mayor almacenamiento de energía (mayor capacitancia)*

Para poder dar entendimiento a lo mencionado en los puntos mencionados anteriormente, se debe de conceptualizar lo siguiente:

Disolución o solución –*es una mezcla homogénea; esto quiere decir que no se puede fraccionar, en diferentes estados de agregación. Compuestas de un soluto (compuesto sólido) y disolvente (compuesto líquido). Existen diferentes tipos, los cuales son:*

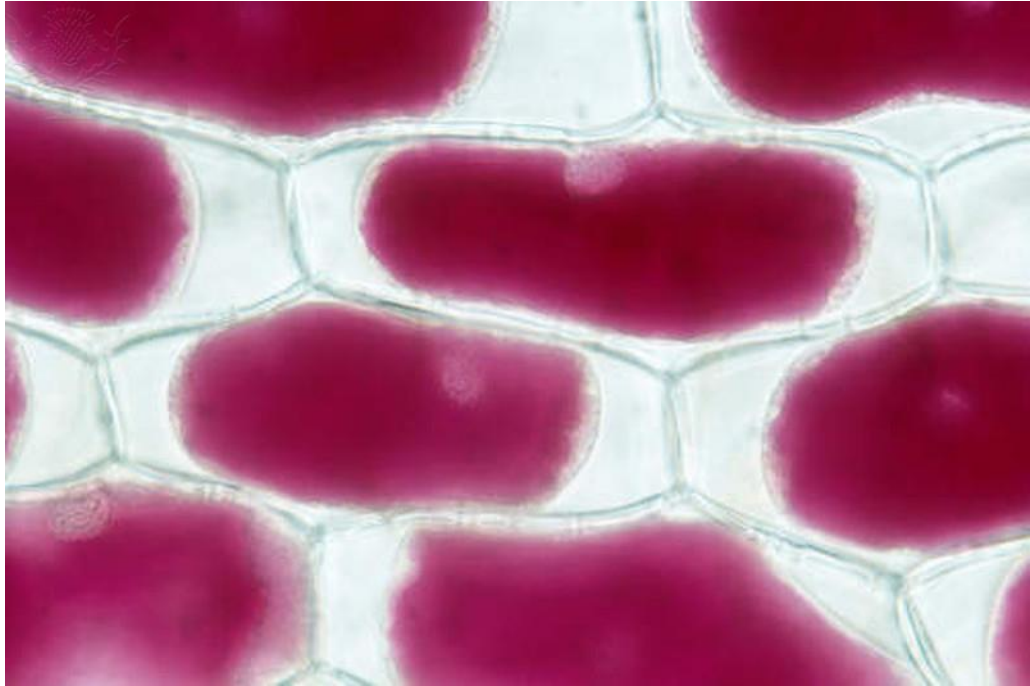
Hipotónica (del griego *hypo*-[ὑπο] “caballo” y *-ico* [ικός] “característico”) – *solución con baja concentración de soluto en relación con el disolvente. Para casos*

*biológicos, esta relación se da con el citoplasma de la célula; el agua se difunde hacia el interior de la célula, donde el volumen de la célula aumenta.*



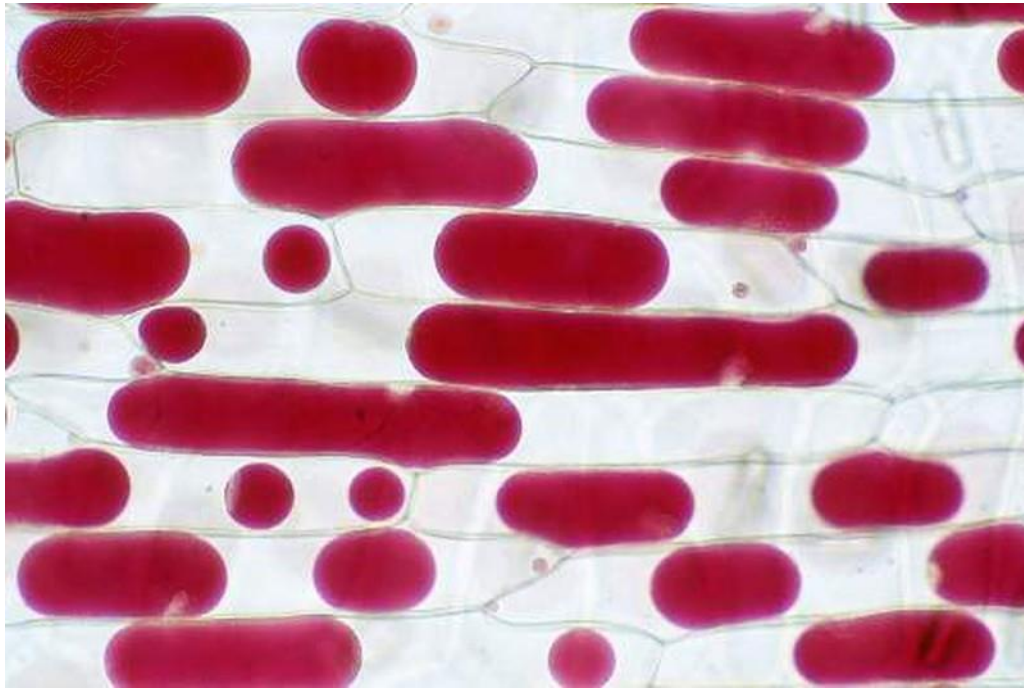
**Fig.2.4. Células de cebolla roja en solución hipotónica; el agua se difunde hacia dentro de las células, haciendo que estas se alarguen. 50x en película de 35mm. Fotografía por: Michael Abbey. Recuperado de: Encyclopædia Britannica ImageQuest**

Isotónico (del griego *iso*-[ισος] “igual” y *-ico* [ικός] “característico”) - *solución son aquella donde la cantidad de soluto esta equilibrada; esto quiere decir que existe la misma cantidad de soluto en ambos lados de la membrana, por lo que la presión osmótica en la disolución es la misma que el los líquidos corporales y por lo tanto no se altera el volumen de las células.*



**Fig.2.5. Célula de cebolla roja en solución isotónica; existe la misma cantidad de agua dentro de las células y por ello mantienen su tamaño normal.**  
Fotografía por Michael Abbey. Recuperado de: *Encyclopædia Britannica*  
ImageQuest

Hipertónica (del griego *hyper*-[υπερ] “por encima de” y *-ico* [ικός] “característico”) – *solución separada por una membrana donde una parte de la membrana tiene una mayor concentración de soluto, respecto a la otra. Son dos soluciones con diferente presión osmótica.*



**Fig.2.6. Células de cebolla roja en solución hipertónica; el agua se difunde hacia afuera de las células, haciendo que estas se encojan. 50x en película de 35mm. Fotografía por: Michael Abbey. Recuperado de: Encyclopædia Britannica ImageQuest**

### **2.5.1 Concepto de resistividad en la piel**

Como se mencionó en la sección anterior existen factores que afectan la resistividad de la piel, la temperatura, la humedad, etc. Pero, ¿Cuál es la resistividad de la piel? Este concepto esta evaluado por varios aspectos importantes, estadísticamente se sabe que:

- El hombre tiene menor resistividad en la piel que la mujer.
- Es dependiente de la zona o parte del cuerpo humano. Por ejemplo la resistividad en un brazo es afectado por diferentes factores, tales

como: diámetro y largo del mismo. Por medio de estudios realizados se ha determinado que:

- Mayor largo de la parte – mayor es la resistividad
- Mayor diámetro – menor es la resistividad.
- Mayor porcentaje de músculo – menor resistividad
- Mayor porcentaje de grasa - mayor resistividad
- La grasa y el hueso son partes del cuerpo de mayor resistividad.
- La resistividad se anula cuando la piel se quema.
- Los valores de resistencia estadísticos y típicos son:
  - Resistencia Interna (Dermis) → 300 a 1000 ohms.
  - Resistencia Externa (Epidermis = Piel seca) → 1000 a 100,000 ohms.

Para determinar el valor de resistencia en la piel (de forma general) se puede aplicar el siguiente criterio:

$$R_{TOT} = R_{int} + 2R_{ext}$$

La resistencia externa ( $R_{ext}$ ) tiene un valor doble debido al flujo; esto se refiere que cuando se aplica corriente eléctrica a través de la piel el flujo de la

corriente es de entrar y salir, por lo que se toma dos veces el valor de dicha resistencia.<sup>27</sup>

## **2.6 Iontoforesis: Base teórica**

¿Cómo funciona este método? Durante la aplicación de la corriente a través de la piel, la sustancia iónica es repelida por el electrodo correspondiente y es empujada hacia el estrato córneo. Existen tres diferentes tipos de transportación transdérmica para las sustancias iónicas:

1. Electro-migración – *se define como el movimiento de iones pequeños a través de la piel, bajo la influencia directa de un campo eléctrico. El flujo eléctrico es convertido en el flujo iónico mediante las reacciones en el electrodo. La transportación depende de la fortaleza del campo eléctrico y la exposición del procedimiento.*<sup>28</sup>
2. Electroósmosis – *es otra forma de transportación, pero este se enfoca en moléculas con valores de peso altos,*

---

<sup>27</sup> (Fish y Geddes, 2003). *Medical and Bioengineering Aspects of Electrical Injuries*. Recuperado de: <https://van.physics.illinois.edu/qa/listing.php?id=6793>

<sup>28</sup> (Sieg, Guy y Delgado-Charro, 2004). *Electroosmosis in Transdermal Iontophoresis*

*especialmente los cationes y retarda el paso de los aniones en p.H con valor de 7.* <sup>29</sup>

3. *Difusión pasiva – se define como el método de transportación que consiste en el paso de una sustancia a través del tejido en función de un gradiente de concentración; esto quiere decir que la sustancia es transportada del lugar de mayor concentración al de menor.* <sup>30</sup>

Las contribuciones de la electro-migración, electroósmosis y la difusión pasiva en todo el flujo iontoforético depende de la estructura y propiedades físico-químicas de las especies a transportar. Son el resultado de los diferentes cambios en el campo eléctrico junto con la permeabilidad de la piel. A grosso modo el comportamiento de cada uno de ellos para iones pequeños como  $Na^+$  (sodio) o  $Cl^-$  (cloro) la *electro-migración* es el medio de transporte que predomina, para solutos con valores neutros *electroósmosis* predomina y en mucho menor grado usualmente la *difusión pasiva*. <sup>31</sup>

---

<sup>29</sup> (Santi y Guy, 1996)

<sup>30</sup> Universidad de Granada. *Difusión Pasiva*. Recuperado de: <http://www.ugr.es/~ajerez/proyecto/t3-7.htm>

<sup>31</sup> (Sieg, Guy y Delgado-Charro, 2004). *Electroosmosis in Transdermal Iontophoresis*

## 2.7 Vías de Administración por Iontoforesis

Con lo establecido anteriormente, la humedad o concentración de agua en gran medida determina la conductividad de la piel, es por ello que un medio o vía de administración ideal son las glándulas sudoríparas. Estas glándulas tienen una importante vía de comunicación desde la epidermis, hasta la dermis.

Experimentos realizados con colorantes artificiales, y aplicando el método de Iontoforesis, mostraron que después de llevar a cabo el procedimiento y lavar las superficies, pequeñas pigmentaciones de color se quedaban alojadas en los poros, misma circunstancia que denotó a los poros como medio de comunicación ideal para el procedimiento.

Por otra parte, en casos donde el tratamiento o procedimiento es estrictamente superficial, se esperaría que el tratamiento se realizara en zonas donde el tejido este afectado, ya que es debido a la relación con los micro-poros, macro-poros, folículos capilares, etc. son zonas donde la resistividad es menor.

Es necesario recordar que el comportamiento está en función del sujeto de estudio y las características fisiológicas que presente, pero cabe mencionar que estadísticamente la iontoforesis incrementa su capacidad de concentración en donde se utilizan o presentan sustancias de tipo:

*Hidrofílicas – incrementan la concentración en el estrato corneo.*

*Lipofílicas – incrementan la concentración en la piel. Llegan a ser viables para la aplicación.*



*Véase sección 2.8.2 Formulación candidata para la iontoforesis.*

## **2.8 Aplicación de la Iontoforesis en la piel.**

Este es un método relativamente nuevo en aplicaciones transdérmicas. Es ideal que se lleve a cabo con soluciones hidrosolubles para una mayor efectividad dentro del proceso. Por estudios se ha llegado a observar que las sustancias o soluciones que se pueden administrar por esta vía son: drogas positivas o catiónicas como anestésicos y drogas aniónicas o negativas tales como antiinflamatorios no esteroideos.

Existen actualmente aplicaciones típicas para este método. Normalmente son aplicaciones relacionadas a aspectos tópicos, los ejemplos principales son:

- Anestésicos → Dentro del desarrollo con bases iontoforéticas se ha desarrollado un dispositivo capaz de suministrar lidocaína para anestesiar de manera local. Este dispositivo ha sido aprobado por la FDA. Este dispositivo se basó en un estudio realizado a pacientes que se expusieron de 1mA hasta 4mA (corriente soportada por el paciente) en terapias de 10 min.

El dispositivo creado, llamado *LidoSite* trabaja a una corriente de CD de 1.77mA en donde suministra por medio de electrodos con almacenamiento de sustancia la lidocaína. Tiene una vida útil de 99 aplicaciones, cada electrodo es desechable.

- Manejo del dolor → Son los conocidos como antiinflamatorios no esteroides (NSAID) y se realizaron estudios a 80 pacientes en donde todos ellos tenían problemas reumatoides. Los valores de exposición fueron 2 a 3 mA dentro de una terapia de 20 minutos. Ejemplos de sustancias utilizadas: aspirina, ketorolaco, Pirprofen, etc.

### **2.8.1 Utilización de señales pulsantes**

Algunos de los dispositivos en la industria, si no es que la mayoría utilizan señal de continua de C.D.; prácticamente suministran los valores de corriente provenientes de la pila o fuente de corriente continua que estén utilizando.

Estudios han mostrado que la señal de corriente continua pero pulsante permite una mayor efectividad en este tipo de terapias, por lo que a continuación se presentan las ventajas de utilizar señales pulsantes.

Estudios realizados en diferentes instancias han mostrado que la efectividad de las señales pulsantes obtienen resultados óptimos en este tipo de sistemas, todo esto debido a: formas de onda (triangular, sinusoidal, cuadrada, etc.), intensidad de corriente, ciclo útil de trabajo, frecuencia, etc.

Pero, ¿Qué beneficios trae esto? La piel, principalmente el estrato corneo tiene un comportamiento resistivo capacitivo, lo que permite que las señales pulsantes despolaricen o descarguen la piel y esta regrese a sus valores iniciales o estado inicial; esto permite que la corriente disminuya por intervalos y así no ocasionar que la terapia sea tan agresiva para el paciente.

Por el otro lado se registraron menores daños a los tejidos, y esto implica que se puede hacer uso de niveles o valores mayores de corriente que a su vez se traduce como terapias de mayor efectividad. Para esto existe que es recomendable que a niveles mayores de corriente, la frecuencia que se utilice también sea de valores altos.

Por otra parte se realizaron estudios en donde mediante el uso de teorías fundamentadas en Nernst – Planck para la electro difusión la señales pulsantes permites que:

- Reducción de la resistividad de la piel.
- Aumento de la permeabilidad de la misma.

### **2.8.2 Formulación candidata para iontoforesis**

El método de iontoforesis en aplicaciones ha tenido éxito para el uso de métodos no invasivos, pero por otra parte también ha presentado dificultades en la efectividad de la dosificación transdérmica. Estudios realizados han mostrado que los parámetros empíricos para generar una formulación candidata para este método son:

- Hidrosolubles → que sean solubles en agua.
- Peso Molecular bajo → esto es debido a que la transportación y polarización es más sencilla y se utilizan valores de corriente más pequeños.

- Alta densidad de carga → Esto quiere decir que sean “polarizables”, se refiere sean eléctricamente excitables.

Por otra parte algunos de los factores que afectan este método son:

- Polaridad de la sustancia o droga
- Peso Molecular
- Viscosidad de la formulación
- PH.
- Concentración de la droga dentro de la formulación.

## *Capítulo 3*

### **PROTOTIPO ELECTRÓNICO: DISEÑO, IMPLEMENTACIÓN Y CONSTRUCCIÓN**

Este capítulo comienza exponiendo una breve introducción al mundo de la electrónica. Ahonda específicamente en las técnicas y teoría que compete al diseño del trabajo.

Se presentarán los diagramas de diseño y se menciona el funcionamiento de cada uno. Por otra parte se informa de forma breve la paquetería utilizada para el diseño, simulación y programación del prototipo.

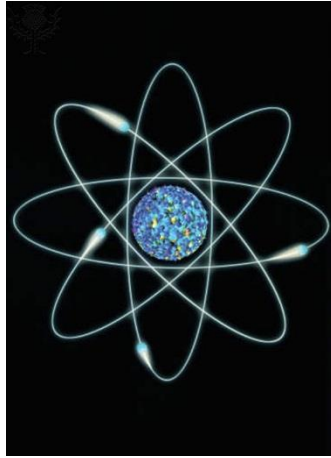
#### **3.1. Breviario Cultural: Conceptos básicos para el entendimiento del prototipo**

Dentro de esta sección se consideran aspectos básicos de la electrónica que anteceden y sustentan por parte el presente trabajo.

Es preciso mencionar algunos conceptos básicos, tales como:

Energía: *por definición se dice que es la capacidad para realizar trabajo.*

Carga: *este concepto hace referencia a la estructura atómica. Existen positivas, negativas y neutras; positiva es protón, negativa es el electrón, y neutra el neutrón.*



**Fig.3.1. Imagen que la estructura principal del átomo. Fotografía por: Mike Agliolo.**  
*Recuperado de: Encyclopædia Britannica ImageQuest*

Corriente eléctrica: se refiere a la carga en movimiento, al flujo de electrones a través de una sección conductora. Sus unidades de medición son los Amperes en honor al físico André – Marie Ampere.



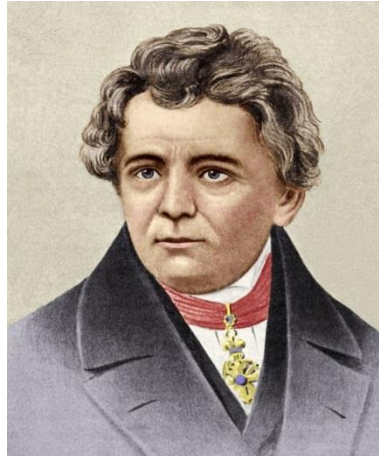
**Fig.3.2. André-Marie Ampere (1775-1836). Físico, químico y matemático francés.**  
*Fotografía por: Science Source. Recuperado de: Encyclopædia Britannica ImageQuest*

Voltaje: es un concepto que está en función al posicionamiento de las cargas. Este posicionamiento origina una diferencia de potencial entre dos puntos; por lo tanto es también llamado potencial que por definición es el voltaje en un punto con respecto a otro dentro de un mismo sistema eléctrico. Sus unidades de medición son los Volts, en honor al científico Alessandro Volta.



**Fig.3.3. Alessandro Volta (1745-1827). Físico italiano.. Fotografía por: Sheila Terry.**  
*Recuperado de: Encyclopædia Britannica ImageQuest*

Resistencia: es un concepto que hace analogía al concepto de fricción mecánica, ya que es la oposición en cualquier material al flujo de carga. Por concepto podría decirse que es la energía por colisiones de electrones que se convierten en calor. Las unidades de medición son los Ohms en honor al científico alemán Georg Simon Ohm.



**Fig.3.4. Georg Simon Ohm (1787-1854) Físico alemán. Fotografía por: Sheila Terry.**  
*Recuperado de: Encyclopædia Britannica ImageQuest*

Capacitancia: es una propiedad de los condensadores o capacitores de almacenamiento de energía entre sus placas. Las unidades de medición son el Farad en honor al químico y físico Michael Faraday.



**Fig.3.5. Michael Faraday (1791.1867) Físico y químico británico. Fotografía por: Sheila Terry.**  
*Recuperado de: Encyclopædia Britannica ImageQuest*



Inductancia: es una propiedad magnética que es en función del voltaje y la corriente. Prácticamente la oposición al cambio en la corriente eléctrica. Sus unidades de medición son los Henrys en honor al físico Joseph Henry.



**Fig.3.6. Joseph Henry (1797-1878) Físico americano. Fotografía por: Librería del Congreso. Recuperado de: Encyclopædia Britannica ImageQuest**

### **3.1.1 Componentes pasivos en los circuitos eléctricos**

Debido a que los componentes no pasivos o activos (*p.ej. semiconductores*) son inestables, la existencia de los componentes pasivos permite brindar estabilidad a los diseños electrónicos o eléctricos.

Un buen diseño electrónico no solo está basado en el uso de elementos activos y cometer el error de dejar la selección de los elementos pasivos como una acción tardía. Un buen diseño requiere obtener un comportamiento específico en aplicaciones previamente establecidas.

¿Cuál es el criterio de selección de los componentes pasivos? Podría decirse que es único: *La selección debe ser precisa y asegurar el funcionamiento correcto del circuito electrónico.*

¿Cuáles son los componentes pasivos? Principalmente existen tres: capacitores, inductores y resistores.

Para la finalidad del presente trabajo, solo se hablará de los capacitores y los resistores, ya que el diseño del prototipo no involucra el uso de inductores.

### **3.1.1.1 ¿Qué son los resistores?**

Anteriormente se definió de forma breve la propiedad de estos componentes, *la resistencia*. Ahora es momento de hablar del dispositivo físico como tal.

Existen de diferentes tipos según el material de fabricación.

- Película de carbón (*carbon film*)
- Película metálica (*metal film*)
- Carbón (*carbon composition*)
- De alambre (*wire wound*)
- Composición de metal (*bulk metal types*)

Existen diferentes formas de montaje: Montaje de inserción (*Through Hole*) y en montaje superficial (*SMD Surface Mount Device*).

Características principales del resistor.

- Valor de resistencia
- Disipación calorífica
- Coeficiente de temperatura
- Tolerancia de manufactura.

Un aspecto muy importante para la selección de un resistor es el valor de tolerancia de manufactura. Este valor se refiere a la variación que existe en el valor de la resistencia y está en función del material con el que se fabrica. A continuación se presentan las tolerancias más comunes.

- Composiciones de carbón: *es la tolerancia estándar  $\pm 5\%$  y  $\pm 10\%$*
- Película metálica: *tolerancia de precisión  $\pm 0.01\%$  a  $0.1\%$*
- Composición metálica: *mayor grado de precisión  $\pm 0.005\%$*

Otro de los valores de selección importante es en función del coeficiente de temperatura. A continuación se muestran valores comunes para los resistores según el material de fabricación.

→ Metal :  $\pm 1 a \pm 5 ppm$

→ Carbón:  $+400 a - 900 ppm$

Cabe mencionar que al hacer la selección del valor de resistencia, también se debe considerar la potencia del resistor. Esto es en función de los valores de voltaje y corriente que circulen por el mismo. Los diferentes valores de potencia están representados en diferentes encapsulados.



**Fig.3.7. Imagen que muestra resistores en diferentes encapsulados y materiales.**  
Fotografía por: GIPhotostock. Recuperado de: *Encyclopædia Britannica ImageQuest*

### 3.1.1.2 ¿Qué son los capacitores?

Son dispositivos pasivos conformados por dos placas paralelas en su interior junto con un dieléctrico. Como los resistores existen diferentes tipos en función del material de fabricación, así como diferentes características entre ellos.

Los tipos comunes de capacitores son:

- Película
- Cerámica
- Electrolíticos
- Papel

Cada uno de estos materiales tiene una subdivisión con características específicas.

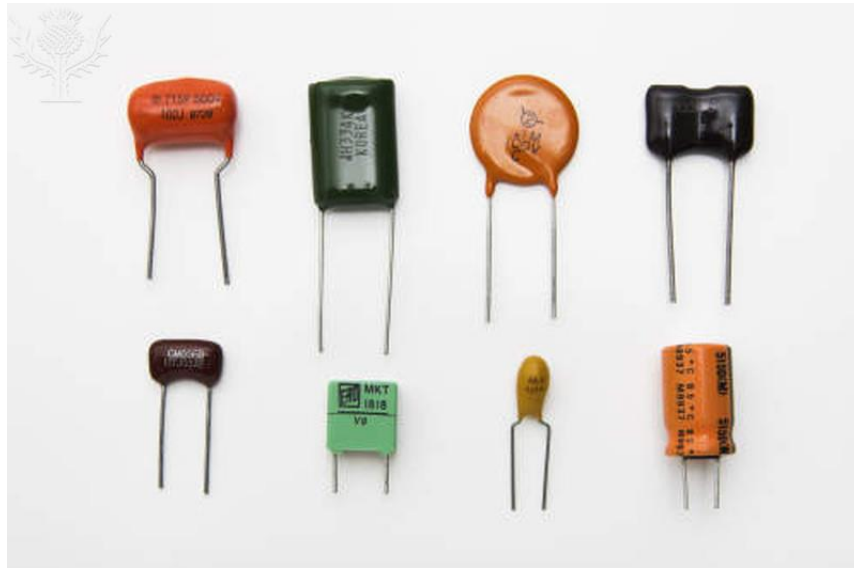
- Película: Poliéster, Policarbonato, Polipropileno, Poliestireno
- Cerámica: se dividen en dos, *capa única y multicapa*.
- Electrolíticos: Aluminio y Tantalio

Como los resistores, estos también tienen características como:

- Valor capacitancia
- Tolerancia de manufactura

→ Voltaje de Rango

Y por otra parte también existen en montaje superficial (SMD) y montaje de inserción (Through Hole)



**Fig.3.8. . Imagen que muestra capacitores en diferentes encapsulados y materiales.**  
Fotografía por: GIPhotostock. Recuperado de: *Encyclopædia Britannica ImageQuest*

La razón por la cual solo se mencionan estos dos componentes pasivos, es debido a que son dos elementos que se integrarán en el diseño del prototipo del presente trabajo.

### 3.1.2 Semiconductores

Estos son otros de los elementos fundamentales para el diseño de circuitos electrónicos. Se definen como una clase especial de elementos cuya conductividad se encuentra entre la de un buen conductor y un aislante, por ello el nombre de *semiconductor*.

Debido a su composición de manufactura existen de dos tipos:

- Un solo cristal
- Cristal compuesto

Por ejemplo:

- Un solo cristal: los materiales más comunes son Germanio (Ge) y Silicio (Si).
- Cristal compuesto: Arseniuro de Galio (GaAs), Sulfuro de Cadmio (CdS), Nitruro de Galio (GaN) y Fosforo de Galio y Arsénico (GaAsP)

Algunos ejemplos de semiconductores son:

- Diodos
- Transistores
- Amplificadores Operacionales
- Compuertas Lógicas
- Entre muchos más.

Se pueden encontrar en diferentes encapsulados y tipos de montaje como los componentes pasivos. A su vez las características de selección son en función del diseño específico a realizar.

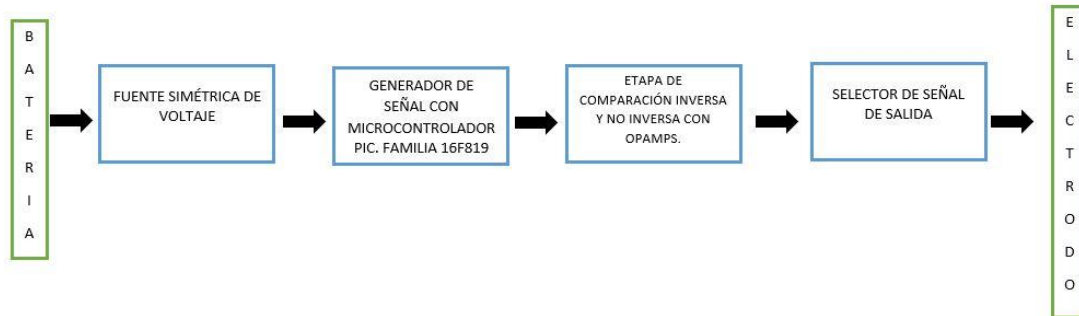


**Fig.3.9. Imagen que muestra diferentes semiconductores en diferentes encapsulados** Fotografía por: **Andrew Lambert Photography**. Recuperado de: *Encyclopædia Britannica ImageQuest*

### **3.2 Diagrama a Bloques: Propuesta de diseño para el prototipo**

Dentro de esta sección se presenta el diagrama a bloques a seguir para la implementación del diseño del prototipo. Se explican brevemente el funcionamiento de cada uno de estos bloques. A su vez dentro de esta sección se explicarán los conceptos que competen a la construcción de cada una de las partes del prototipo.





**Fig.3.10. Diagrama a Bloques. Se muestra el proceso de diseño del prototipo.**

A continuación se explicarán de forma breve el funcionamiento y características de cada uno de los bloques.

→ **B.1. Fuente Simétrica:** Esta etapa está dada por la construcción de una fuente que entregue tensión positiva y negativa de la misma magnitud. A grandes rasgos esta etapa constituye el primer bloque, mismo que alimentará a todo el prototipo. Se conforma de arreglos capacitivos para el filtrado de la energía que proviene de un arreglo de baterías. La siguiente parte se conforma de un amplificador operacional para después entrar a un arreglo con transistores bipolares como fuente de corriente constante y mantener la estabilidad de la tensión dividida a la salida del amplificador. El principio de la fuente simétrica es que:  $\pm V_o = \frac{V_i}{2}$

→ **B.2. Generador de señal mediante el uso del microcontrolador de la familia PIC 16F819:** Esta etapa la conforma el microcontrolador PIC

16F819. Es un dispositivo de gama baja y bajo consumo. Esta etapa proporcionará la señal de tipo pulsante que se necesita para el funcionamiento del prototipo. En esta primera versión del equipo solo se utilizará un valor de corriente junto con un solo valor de frecuencia que provendrá de la señal por modulación de ancho de pulso (PWM) entregada por alguna salida del microcontrolador.

- **B.3. Etapa de comparación inversa y no inversa con amplificadores operacionales:** Esta etapa es muy sencilla, ya que solo se utiliza las dos configuraciones más comunes de los comparadores construidos con operacionales. Esto para asegurar la salida de tensiones positivas y negativas de la señal proveniente de la etapa de microcontrol. La señal que entrega el PIC entrará a los dos comparadores, mismos que entregarán una tensión mayor en función de la ganancia calculada.
- **B.4. Selector de señal de salida:** Este bloque es la etapa final del prototipo, se conecta a los electrodos, mismos que serán puestos sobre el paciente a tratar. Esta etapa consiste en el uso de un relevador activado con un pulso proveniente del microcontrolador para la selección de la señal a utilizar; señal que proviene de la salida de las fuentes de corriente constante. Esta etapa hace la selección entre que la administración sea positiva o negativa.

### **3.3 Conceptos generales en función del diseño del prototipo**

Dentro de esta sección se expondrán los conceptos que sustentan la teoría básica para el diseño del dispositivo. Esto quiere decir que en función de cada bloque se abordarán los conceptos correspondientes.

### 3.3.1 Batería

Las baterías son las fuentes de corriente directa más comunes. ¿Qué es una batería? Es la combinación de dos o más celdas similares. Siendo una celda la fuente principal de energía eléctrica.

Se pueden dividir en dos tipos:

1. De tipo primario: *son NO recargables.*
2. De tipo secundario: *son recargables. Este tipo de pilas el secundario se invierte para restaurar la capacidad de la batería.*

Las características principales de las baterías son:

Tienen un electrodo positivo y uno negativo. Dentro de ellas contienen un electrolito para completar el circuito entre el polo positivo y el negativo; este electrolito es el elemento de contacto y la fuente de iones necesarios para efectuar la conducción.

Existen de diferentes tipos, en donde las características a considerar son: el electrolito, valores nominales de corriente y voltaje. Por el otro lado, las baterías también tienen diferentes encapsulados. Algunos de los tipos más comunes son:

- Primarias Alcalinas y de Yodo-Litio
- Secundarias de Ácido – Plomo
- Secundaria de Níquel – Cadmio

→ Secundarias de Níquel – Hidrogeno e Hidruro de níquel – metal

→ Celda Solar

Cada batería tiene un valor nominal en función de la capacidad. Este valor está dado en **ampere - hora [Ah] o miliampere - hora [mAh]**. Este valor sirve para determinar la vida en horas de la batería, se efectúa mediante la siguiente sencilla ecuación

$$vida\ en\ hrs = \frac{valor\ nominal}{(consumo\ de\ corriente\ del\ circuito)} \dots\dots\dots [3.1]$$

Sin embargo es necesario considerar que el valor nominal es afectado por la temperatura y el ritmo de descarga. Existe un criterio sencillo a considerar.

1. *la capacidad de una batería de corriente directa disminuye ante el incremento de corriente eléctrica de demanda.*
2. *la capacidad de una batería de corriente directa disminuye a temperaturas muy altas o muy bajas en comparación con la temperatura del medio ambiente.*



**Fig.3.11. Imagen que muestra diferentes tipos de baterías en diferentes encapsulados**  
Fotografía por: Charles D. Winters. Recuperado de: Encyclopædia Britannica ImageQuest

### 3.3.2 Transistores Bipolares de Juntura (BJT)

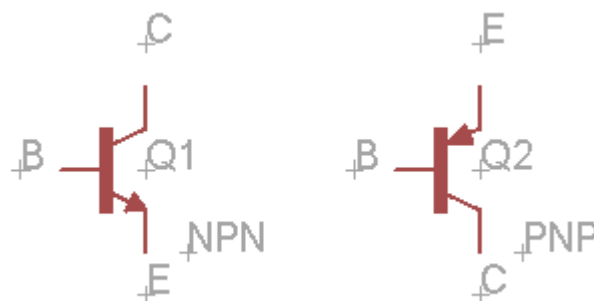
Son transistores bipolares de juntura debido a sus siglas en inglés BJT (Bipolar Junction Transistor). Es un dispositivo semiconductor de tres terminales que consiste en:

- dos capas de material tipo N y una capa de material tipo P da como resultado un transistor de tipo *NPN*.

→ dos capas de material tipo P y una capa de material tipo N da como resultado un transistor de tipo *PNP*.

Estos son los dos tipos de transistores bipolares que existen. Cada uno con características muy similares pero algunas diferentes.

La siguiente figura muestra los símbolos que identifican a cada uno de estos dispositivos en un diagrama esquemático.



**Fig.3.12. Imagen que muestra los símbolos que corresponden a los dos tipos de transistores. Izquierdo NPN y derecho PNP.**

Como se puede observar en la imagen estos dispositivos contienen tres terminales, las cuales son:

- **C:** Colector
- **B:** Base
- **E:** Emisor

Los transistores tienen diferentes formas de operar. La operación de estos dispositivos está en función de un fenómeno llamado polarización. Se entiende por polarización a la aplicación de energía para establecer niveles fijos de corriente eléctrica y voltajes.

Los transistores son dispositivos que trabajan por regiones. Por ejemplo, si se desea utilizar al transistor como *amplificador* es necesario trabajar dentro de punto de operación ideal, llamado punto Q (Quiescent Point), que es denominado el punto de operación fija.

Dentro del diseño de este prototipo no es necesario que el transistor amplifique, por lo que será necesario trabajar el dispositivo en sus otras dos regiones *la de corte y de saturación*. Estas dos regiones tienen la peculiaridad de ser los valores mínimos y máximos de operación, respectivamente y de pueden definir de la siguiente forma:

$I_B \leq 0 \mu A$  se dice que trabaja en la región de **corte**.

$V_{CE} \leq V_{CEsat}$  se dice que trabaja en la región de **saturación**.

Se dice que cuando trabaja en la región de corte, el transistor trabaja con valores de corriente que circulan por la base casi en valores cercanos a cero amperes. Por el otro lado se dice que trabaja en la región de saturación, cuando trabaja en los valores de voltaje cercanos al máximo permitido que se encuentra entre el colector y el emisor.

Cuando el transistor amplifica o no trabaja dentro de los valores máximos y mínimos se dice que trabaja en la **región activa**.

Como se mencionó anteriormente, el diseño del prototipo no está basado en el uso de transistores bipolares que trabajen en la región activa, más bien está diseñado para trabajar en los valores mínimos y máximos, por lo que se dice que el transistor se comporta como un interruptor electrónico. Es por ello que a continuación se presentan los conceptos que competen a dichas regiones de operación.

¿Qué es lo más relevante a considerar? Cuando se habla de que el transistor está trabajando en la **región de corte** se dice que: *la unión base – emisor se encuentra en polarización inversa, por lo que no conduce y la unión base – colector también se encuentra en polarización inversa. Idealmente el transistor no trabaja.* Por el otro lado cuando el transistor está trabajando en la **región de saturación** se dice que: *la unión base – emisor se encuentra polarizada directamente, por lo que conduce y a su vez la unión base – colector también se encuentra en polarización directa. Es aquí donde el transistor está trabajando al máximo.*

### **3.3.3 Amplificadores Operacionales**

Son dispositivos electrónicos que tienen características específicas de funcionamiento. Este dispositivo tiene la cualidad de ser diferencial de muy alta ganancia, con alta impedancia de entrada y baja impedancia de salida.

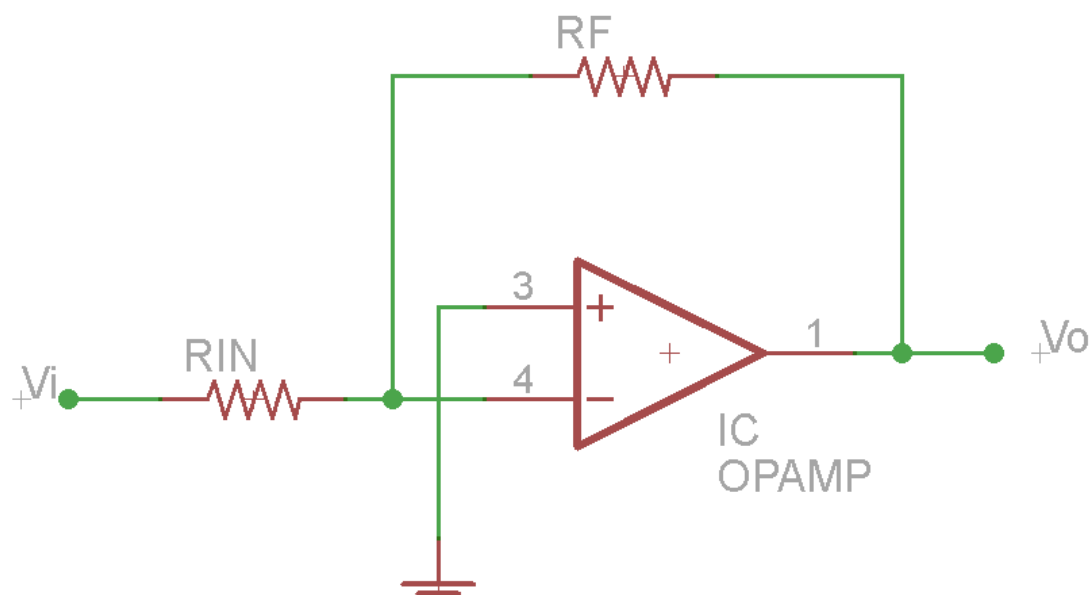
Entre los usos más comunes son el proporcionar cambios en la amplitud del voltaje, osciladores, circuitos de filtrado, y dispositivos de instrumentación.



Cada entrada produce ya sea la misma señal a la salida que a la entrada, con la misma polaridad u opuesta dependiendo de la entrada en donde se esté aplicando la señal.

Las partes de un amplificador operacional son:

- Entrada no inversora (+)
- Entrada inversora (-)
- Salida



**Fig.3.13. Imagen que muestra el amplificador operacional básico.  
Configuración No Inversora**

El amplificador operacional básico es aquel que comúnmente funciona como multiplicador de ganancia constante. Se aplica una señal a la entrada denominada  $V_i$  a través del resistor  $R_i$  a la entrada negativa; la salida se conecta a la misma entrada negativa a través de un resistor de realimentación  $R_f$  y la entrada positiva se conecta a tierra. Esta configuración se llama *inversora* (véase sección 3.4.3).

Debido a que  $V_i$  se aplica en la entrada negativa, la salida está en contra fase a la señal inyectada. La siguiente ecuación denota la razón entre la entrada y la salida.

$$\frac{V_o}{V_i} = -\frac{R_f}{R_i}$$

Esta relación muestra que el voltaje de salida al voltaje de entrada depende directamente de los valores de los resistores.

### 3.3.4 Microcontrolador

El nombre de controlador proviene de cualquier dispositivo utilizado para el gobierno de uno o varios procesos. Este es un concepto que se ha mantenido invariable a través del tiempo.

Hace aproximadamente treinta años estos controladores se construían con componentes de lógica discreta. Actualmente todos los componentes utilizados se encapsularon en un solo dispositivo, y es por esto que recibe el nombre de *microcontrolador*.

¿Qué características principales tienen estos dispositivos?

Es un circuito integrado que incorpora la mayor parte de elementos que configuran al controlador. La arquitectura interna del mismo está dada por:

- Unidad Central de Procesamiento (CPU)
- Memoria volátil o memoria RAM
- Memoria de programa tipo ROM/PROM/EPROM
- Líneas de entrada y salida para comunicación externa.
- Diversos módulos para el control de periféricos. (temporizador, puertas serie – paralelo, ADC, CAD, etc.)

Al momento de diseñar un circuito que requiera un controlador, existe un pequeño criterio que puede ayudar a la selección del mismo. Este criterio es:

Costo→ En el mercado existen diferentes marcas, es obvio que los precios están en función de las características del dispositivo, pero a la hora de considerar la compra es necesario considerar también el software y hardware necesarios para la implementación del mismo.

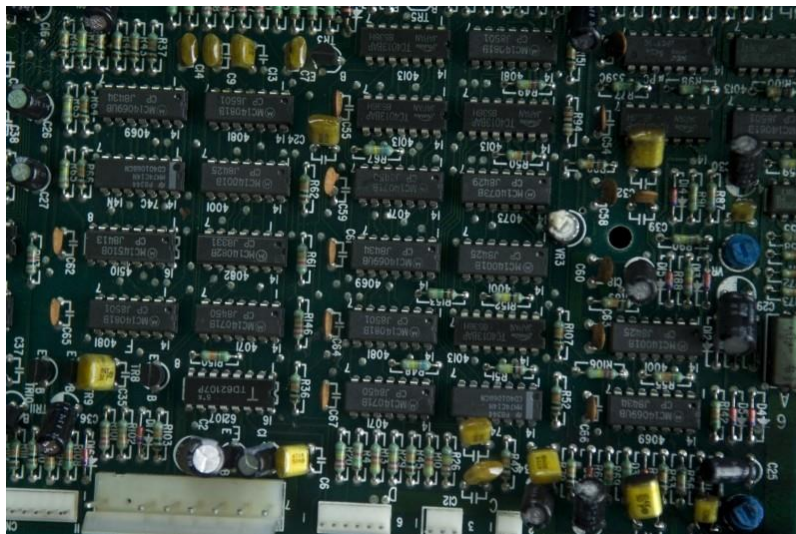
Aplicación→ Es imprescindible saber para qué será utilizado este dispositivo.

Procesamiento de datos → Este concepto va relacionado con la velocidad de procesamiento del mismo. Existen diferentes tipos como 8, 16 y 32 bits.

Entradas y salidas → Como su nombre lo dice, este concepto es en función del diseño específico a realizar y así saber qué demandará el dispositivo en cuestión de entradas y salidas.

Consumo → ¿Cuánto consume? ¿Cómo se alimenta?

Memoria → Es necesario separar este concepto en dos partes: la memoria volátil (RAM) y la de programa (ROM). Tener bien claro que es lo que se requiere para la aplicación.



**Fig.3.11. Imagen que muestra circuito controlador construido con lógica discreta. Fotografía por: Joel Sartore. Recuperado de: Encyclopædia Britannica ImageQuest**

### 3.3.4.1 Microcontroladores PIC

Una de las razones por la cual este tipo de microcontroladores es tan exitoso, es debido a su utilización. El uso de este tipo de microcontroladores no discrimina que sea necesario aplicar el criterio de selección de un controlador, pero si cabe resaltar que al aprender a utilizar un tipo de este controlador, utilizar otros modelos es fácil.

De las características más importantes que se tienen dentro de un PIC son:

- Sencillez de manejo, tienen un juego de instrucciones reducido.
- Buena información, es fácil de conseguir y económica.
- Precio, su costo es comparativamente inferior al de sus competidores.
- Elevada velocidad de funcionamiento.
- Existen herramientas de desarrollo fáciles y económicas. Existen muchas que son de uso libre (*freeware*).
- Existen una gran variedad de estos dispositivos, lo que permite tener amplio panorama de selección.

Dentro de las características más comunes que poseen los PIC son:

Arquitectura → sigue el modelo de Harvard.

Segmentación → se aplica la técnica de segmentación *pipe - line* en la ejecución de las instrucciones. Esto quiere decir que permite hacer ejecución de la instrucción y la búsqueda del código para la siguiente.

Formato de las instrucciones → el formato de todas las instrucciones tienen la misma longitud. Es una característica que permite la fácil construcción de ensambladores y compiladores, así como la optimización de la memoria de instrucciones.

Juego de instrucciones → procesador RISC (*Computador de Juego de Instrucciones Reducido*)

Instrucciones ortogonales → todas las instrucciones para manejar cualquier modelo de dispositivo pueden manejar cualquier elemento de la arquitectura como fuente o destino.

Arquitectura basada en *banco de registros* → significa que todos los objetos del sistema están implementados físicamente como registros.

Diversidad de modelos de microcontroladores con prestaciones y recursos diferentes → la gran variedad de estos dispositivos permite que se pueda seleccionar el más conveniente para la aplicación o proyecto a desarrollar.

Herramientas de soporte potentes y económicas → diferentes compiladores, ensambladores, intérpretes, etc.

La arquitectura Harvard y la técnica de segmentación son los principales recursos que apoyan el elevado rendimiento que caracteriza a estos dispositivos

programables, con una mejora en características esenciales: velocidad *de ejecución* y *eficiencia en la compactación del código*.



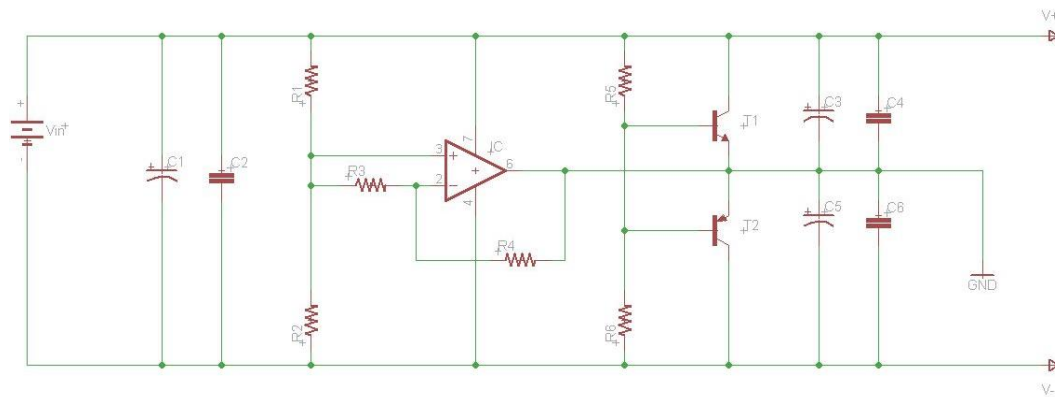
**Fig.3.15. Logo de la marca MICROCHIP. Empresa dedicada al diseño y fabricación de microcontroladores PIC.**

### **3.4 Diseño del Prototipo**

En función al diagrama a bloques presentado en la *fig. 3.10*, esta sección muestra las etapas de diseño y conceptualización del prototipo. Se encontrarán los conceptos específicos para cada bloque, así como los cálculos y diagramas esquemáticos de los mismos.

### 3.4.1 Fuente Simétrica de Voltaje

El diagrama de la fuente simétrica de voltaje es la siguiente:



**Fig.3.16. Diagrama del circuito de la fuente simétrica de voltaje.**

El funcionamiento de este bloque está dado por: se observa que la alimentación es por medio de una(s) baterías, después se encuentran dos capacitores para el filtrado de la señal proveniente de la alimentación. La siguiente parte es un amplificador operacional en configuración de sumador; se observa que a la entrada inversora está el voltaje proveniente de la parte negativa de la alimentación y a la parte no inversora se encuentra la positiva, esto es para que a la salida del operacional se encuentre un voltaje *nulo o cero* lo que permite que esta parte se convierta en la nueva tierra del circuito en general.

El uso de los transistores esta dado bajo la configuración de polarización fija y corriente constante para asegurar la estabilidad del voltaje dividido de la alimentación, cada parte con su etapa de filtrado correspondiente.



El principio de funcionamiento de la fuente simétrica de voltaje es la siguiente:

$$\pm V_o = \frac{V_i}{2}$$

La lista de materiales para la construcción de la fuente simétrica de voltaje es la siguiente:

- Dos baterías de 12 V conectadas en serie en encapsulado A23.
- Tres capacitores cerámicos con valor de 0.01uF.
- Un capacitor electrolítico de aluminio con valor de 4.7uF
- Dos capacitores electrolíticos de tantalio con valor de 0.1uF.
- Tres resistores con valor de 22kohm
- Un resistor con valor de 1kohm
- Dos resistores con valor de 1.8kohm
- Un amplificador operacional de precisión y bajo consumo OP141.



- Un resistor variable con valor de 10 ohms
- Tres interruptores táctiles para botones de selección.

El funcionamiento de este bloque esta dado de una forma sencilla; podría decirse que este bloque es el cerebro del circuito. Prácticamente tiene dos tareas importantes: primera es controlar el circuito y desplegar la información de terapia y la segunda es de generar la señal que se acondicionará posteriormente para la terapia.

¿Cómo lo hace? El microcontrolador previamente programado (*véase programa en sección 3.3.5*) genera una señal pulsante utilizando la salida PWM (Modulación por ancho de pulso) del dispositivo. Esta señal tiene propiedades de amplitud y frecuencia.

Por otra parte el mismo dispositivo se conecta a un Display de Cristal Líquido (LCD) de 8 caracteres por dos líneas. En este display se desplegarán los mensajes de inicio programa y el menú de selección.

### **3.4.3 Etapa de Inversión y No Inversión de comparación**

Este bloque está conformado por los siguientes elementos:

- Amplificador Operacional en modo inversor
- Amplificador Operacional en modo No inversor.

El diagrama para las etapas correspondientes a esta parte es el siguiente:

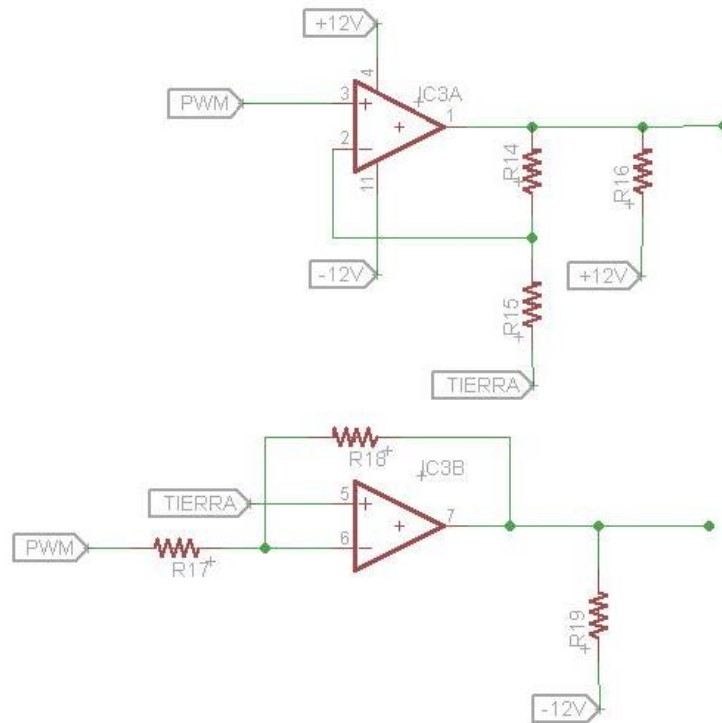


Fig.3.18. Diagrama del circuito de la etapa de inversión y no inversión.

### 3.4.3.1 Etapa de Inversión

Se sabe que el circuito inversor es una de las configuraciones más utilizadas. La salida se obtiene multiplicando la entrada por una ganancia fija o constante, la cual es establecida por el valor del resistor de entrada y el resistor de realimentación.

La ecuación que describe esto es la siguiente:

$$V_o = -\frac{R_f}{R_i} \cdot V_i$$

Dentro del diseño del circuito lo que se pretende con esta configuración es la de invertir la polaridad de la señal proveniente del PIC, así como amplificar su ganancia en función del voltaje negativo entregado por la fuente; esto quiere decir que:

Se sabe que:

$$I_i = -I_o$$

$$\frac{V_o}{V_i} = -\frac{R_f}{R_i}$$

Y se sabe que por diseño a la salida de la etapa es necesario entregar el valor de corriente de  $I_o = 5mA$  y  $V_o = -12V$  y se conoce que la expresión es  $I_o = -\frac{V_o}{R_f}$  entonces para el cálculo de los resistores se tiene que:

$$R_f = -\frac{V_o}{I_o} = -\frac{12V}{5mA} = 2400 \Omega = 2k4\Omega$$

Si la relación del voltaje de entrada con el voltaje de salida está dada por:

$$\frac{V_o}{V_i} = -\frac{12V}{5V} = -2.4 \text{ veces}$$

y se determinó que:

$$\frac{V_o}{V_i} = -\frac{R_f}{R_i}$$

entonces sustituyendo, se obtiene que:

$$-2.4 \text{ veces} = -\frac{R_f}{R_i}$$

Despejando el valor de la Ri...

$$R_i = -\frac{R_f}{-2.4} = -\frac{2400}{-2.4} = 1000\Omega = 1k\Omega$$

#### 3.4.3.2 Etapa de No Inversión

También llamado multiplicador de ganancia constante, la configuración no inversora es estable en frecuencia. Para determinar la ganancia del circuito se utiliza la ecuación:

$$V_i = \frac{R_i}{R_i + R_f} \cdot V_o$$

se sabe que:

$$V_i = 5V$$

$$V_o = 12V$$

Se propone por diseño que la resistencia de realimentación **Rf** sea del valor de 1kohm. Por lo tanto...

Si...

$$V_o = \frac{R_i + R_f}{R_i} \cdot V_i$$

y...

$$\frac{R_i + R_f}{R_i} = 2.4 \text{ veces}$$

Entonces...

$$\frac{R_i + 1k}{R_i} = 2.4 \text{ veces}$$

Despejando Ri...

$$R_i + 1k = 2.4R_i$$

$$2.4R_i - R_i = 1k$$

$$1.4R_i = 1k$$

$$R_i = \frac{1000}{1.4} = 714.28 \Omega$$

$$R_i \approx 750\Omega$$

El funcionamiento de este bloque está dado por dos partes principales. Como se observó anteriormente existe la etapa de inversión y la etapa de No inversión. La señal que proviene de la etapa de control o micro control se ingresa en cada parte de esta etapa.

Para la etapa de *inversión* la señal ingresa y debido a la configuración esta se invierte de polaridad, a su vez el dispositivo se comporta como amplificador en tensión, que de forma negativa aumentará la señal 2.4 veces logrando que la señal pulsante de salida para la etapa inversora sea de aproximadamente -12Volts.

Por otra parte se encuentra la etapa de *No inversión*. Como en la etapa de inversión a este circuito le ingresa la señal proveniente de la etapa de control o micro control, en este caso la polaridad positiva se mantiene; lo único que hace este circuito es amplificar la señal de forma positiva el mismo valor de 2.4 veces en tensión, por lo que a la salida idealmente sería de esperarse una señal de -12Volts.



### 3.4.4 Selector de la señal de Salida (Control de Polaridad)

El diagrama que conforma a esta etapa es la siguiente:

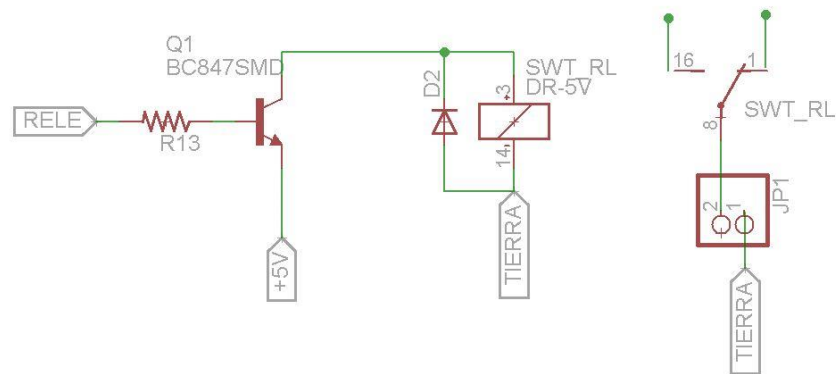


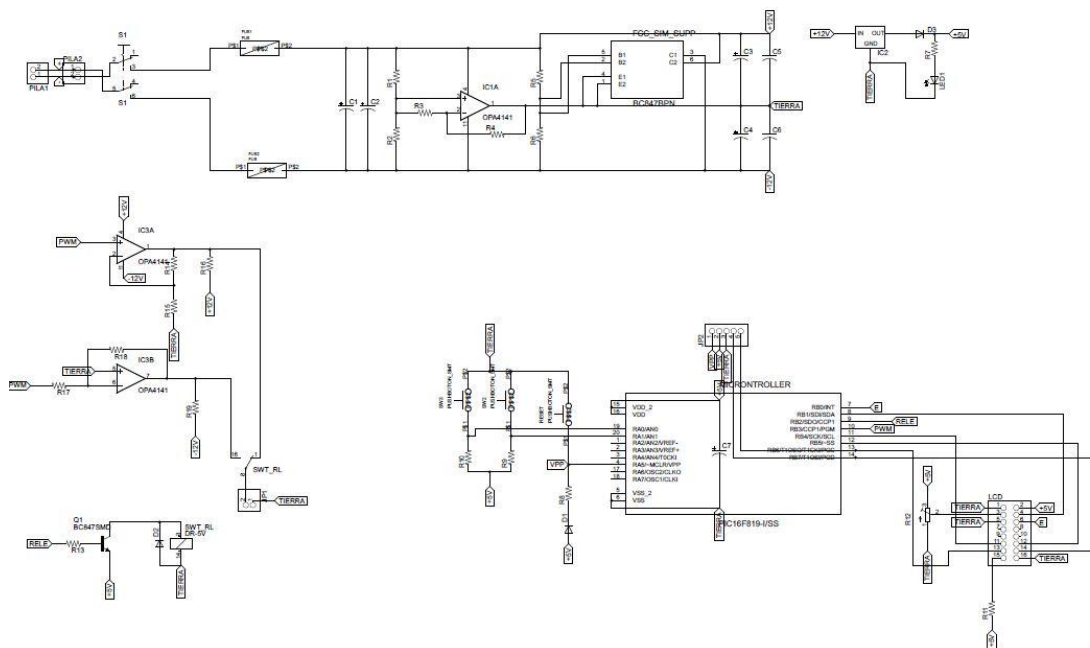
Fig.3.19. Diagrama del circuito de la etapa para selección de la señal de salida.

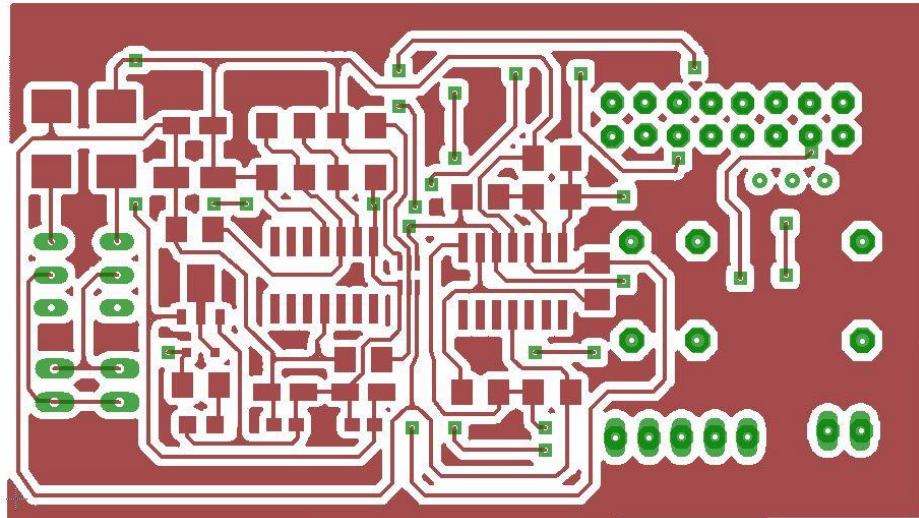
El funcionamiento de este bloque es muy sencillo, ya que solo funciona de forma en donde se conmuta la señal de salida. Para este caso se observa que el relevador tiene en la bobina conectada a un diodo de protección y a un transistor BJT. La señal que permite que la bobina conmute entre polos debido a un fenómeno electromagnético es un pulso *alto* proveniente del puerto de salida de la etapa de control que satura la base del transistor bipolar para así dejar fluir el voltaje de +5V desde el emisor hasta la salida por el colector; este valor de voltaje excita la bobina y permite que se conmuten los polos. El relevador es de tipo *Un polo dos tiros (SPDT)*.

¿Para qué conmuta entre polos? El relevador permite al dispositivo escoger entre una señal de salida positiva (+12) y una señal de salida negativa (-12).

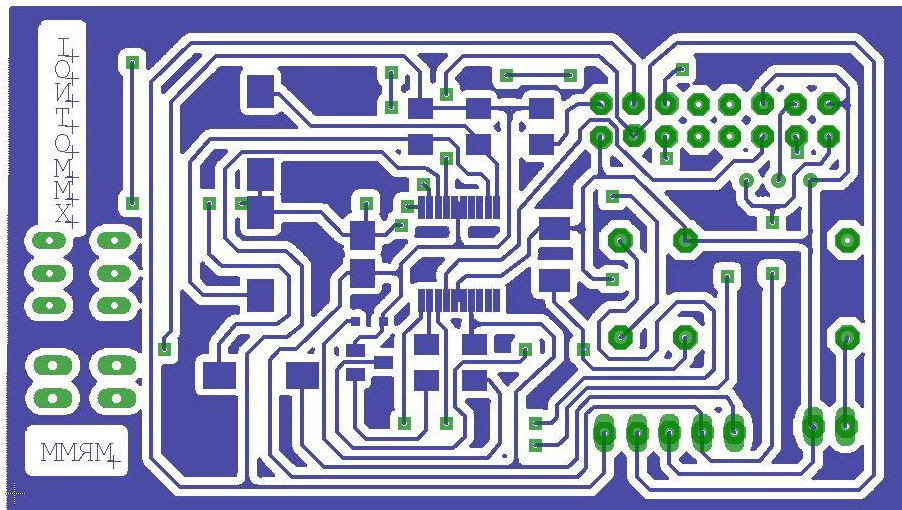
### 3.5 Diagrama Esquemático y diseño del circuito impreso

Fig.3.20. Diagrama esquemático del circuito para IONTOMMX.





**Fig.3.21. Circuito Impreso (Top Layer) del prototipo**



**Fig.3.22. Circuito Impreso (Bottom Layer) del prototipo.**

### **3.6 Programación de la etapa de control para el manejo del prototipo.**

Para el uso del prototipo como se mencionó anteriormente se utilizó un microcontrolador PIC. Este microcontrolador fue programado mediante el uso del software *Pic Basic Pro 3*. Lenguaje que nos permite programar el dispositivo de manera sencilla y crear el código de programa de forma eficiente.

A continuación se muestra la descripción de jerarquías de las tareas desempeñadas por el programa para el uso del prototipo.

#### **1. Encendido del prototipo (ON/OFF)**

- a. Mensajes de inicialización (versión y creador).

#### **2. Menú para la selección de la terapia. (SELECT)**

- a. Selección de Terapia de tipo 1. (OK)

- i. Pasa directamente a la salida del circuito. Es la que se encuentra configurada electrónicamente por *default*.

- b. Selección de Terapia de tipo 2. (SELECT + OK)

- i. En caso de seleccionar esta terapia, el microcontrolador manda un pulso alto a la entrada de la bobina del relevador para que este conmute y así cambiar el *tiro* de salida.

#### **3. Opción de Re-inicialización (RESET)**

- a. Hard RESET para emergencias.

**b. Al finalizar la terapia.**

**c. Se cometió error en la selección, se desea escoger de nuevo.**

**4. Finalización de la terapia. (RESET)**

## *Capítulo 4*

### **IONTOMMX: EXPERIMENTACIÓN, RESULTADOS Y CONCLUSIONES**

Este es el último capítulo del presente trabajo en donde se abordarán los aspectos que denoten un panorama futuro del trabajo realizado. Por otra parte se concluye en función de los resultados obtenidos, así como explicar la factibilidad y viabilidad del proyecto.

El prototipo realizado para este proyecto recibe el nombre de *IONTOMMX V1.0* terminado en el año del 2015.

#### **4.1 Iontoforesis para la dosificación de estradiol: perspectiva a futuro**

¿Qué se pretende lograr con este proyecto? Como se mencionó anteriormente las terapias de reemplazo hormonal han sido diseñadas para mejorar la calidad de vida de la mujer, por lo que este proyecto tiene su principal objetivo presente y futuro, “El mejorar la calidad de vida de las mujeres que comienzan a travesar por la menopausia”.

Por el otro lado este trabajo presentó el prototipo de primera versión (V1.0) en donde solo se mostró el primer diseño, como las primeras pruebas para este proyecto. En definitiva, este no será la última faceta de este proyecto, por lo que se proponen los siguientes puntos para una mejoría a futuro.

- Siguiendo versión es necesario que sea reducida en tamaño y montada sobre una banda de tipo “tipo deportivo” para comodidad del usuario.
- Para la versión entregada en este proyecto se utilizaron electrodos de transmisión (TX) para estimulación debido a dificultades en conseguir los electrodos exprofeso para esta aplicación. Por una parte será necesario el diseño de un “inyector” que dosifique la cantidad de medicamento necesaria para las terapias; evidentemente este “inyector” será controlado electrónicamente.
- El hecho de diseñar un “inyector” que dosifique la cantidad de medicamento necesaria permite ampliar la gama de aplicaciones dentro de las TRH's y no solo enfocarse en terapias específicas para tratamiento de la menopausia.
- Se pretende diseñar un circuito en donde la gama de señales sea más amplia, esto debido a las diferentes aplicaciones terapéuticas en donde se puede desarrollar este tipo de proyectos.
- Sería óptimo promover que empresas médicas y dependencias gubernamentales de salud aplicarán este tipo de métodos para mejorar la calidad de vida de las mujeres que se encuentran dentro de estos padecimientos.
- La creación de una marca que se dedique a la construcción de este tipo de dispositivos.

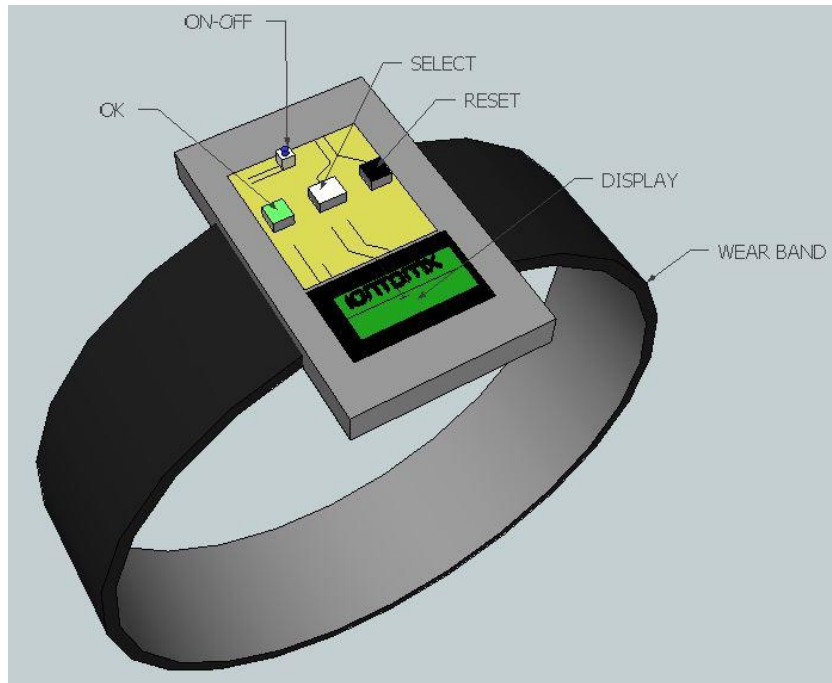


Fig.4.1. Modelo 3D de para montaje del prototipo. Realizado en *Google Sketchup*

#### 4.2 Sectores de la industria en donde puede ser aplicable este sistema

¿Cuáles son los sectores o áreas en donde este proyecto es aplicable? Este proyecto tiene un sector ya definido, que es el *médico* en el área de *ginecoobstetricia* debido a la aplicación enfocada a las TRH's.

¿A qué audiencia está dirigido? El proyecto *IONTOMMX* está dirigido a mujeres que presenten la sintomatología asociada a la etapa relacionada con la menopausia. Por otra parte también puede dirigirse a organizaciones del sector salud ya sean privadas, públicas o gubernamentales para la misma aplicación.



Es importante mencionar que el proyecto no solo debe de competir a la construcción del dispositivo, como se mencionó en el punto anterior es necesaria la creación de una marca, misma que se promueva para el uso dentro de las TRH's. Esta marca deberá fomentar que las industrias y sectores dedicados a la salud promuevan el uso de dispositivos de esta tecnología, así como fomentar que el gobierno invierta en el desarrollo de tecnología y así poder incorporar este tipo de programas a sus sistemas de seguros para los ciudadanos.

#### **4.3 Viabilidad y factibilidad**

La viabilidad y factibilidad para este proyecto está en función del prototipo. Debido a que es una primera versión del proyecto es difícil determinar si es viable o factible para esta aplicación en específico; está más que claro que el proyecto de forma general implementando las mejoras y regulaciones internacionales por funcionamiento y diseño sería un prototipo utilizable con base en la iontoforesis.

La problemática se presentó debido a la formulación del estradiol necesaria; esta por el momento no se pudo determinar, es necesario la aplicación de estudios en este sentido para poder determinar la viabilidad y factibilidad del proyecto con esta aplicación en específico. Por otra parte se investigó que de las propiedades electroquímicas del estrógeno y sus derivados (estradiolos) carecen de hidrosolubilidad, lo que no permite que se genere una formulación candidata para el uso con iontoforesis. Esto establece una hipótesis a resolver para la determinación de la funcionalidad y bio-viabilidad del proyecto.

#### 4.4 Conclusiones generales del trabajo

El realizar este proyecto ha sido fructífero. Durante todo el proceso se presentaron dificultades y momentos de mucho aprendizaje. Es notable recalcar que no ha sido un proyecto sencillo y que ha sufrido de una serie de cambios desde su concepción hasta el momento en donde ha sido entregado.

Por una parte el hecho de haber realizado una aplicación que involucrara aspectos relacionados con la medicina incrementó el grado de dificultad ya que existe la necesidad de fundamentar de forma extensa y exhaustiva los puntos que se relacionan con este proyecto.

Con respecto al proyecto, este como se mencionó en el primer párrafo de esta sección ha sufrido muchos cambios de diseño, construcción, etc. No se pudieron realizar las pruebas correspondientes en seres vivos. **Una parte importante del proyecto que se queda por asentado es que para el futuro del proyecto se anexe la investigación exhaustiva y extensa con respecto a la formulación de estradiol que se utilizará y que cumple con las características para ser utilizado por el método de Iontoforesis.** Esta fue una sección que debido a las circunstancias, tiempo y enfoque de la titulación no permitió que para este proyecto pudiese agregarse.

## REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA

1. Prausnitz R., M. y Lager, R. (2008). *Trandermal Drug Delivery*. Nature Publishing, Group, 26(11), 9. Recuperado de: <http://www.nature.com/naturebiotechnology>
2. De Juan Herrero, J. (1999). *¿De qué están hechos los organismos? El nacimiento de la mirada histológica*. España: Publicaciones de la Universidad de Alicante.
3. García-Porrero, J.A., y Hurlé, J.M. (2005). *Anatomía Humana*. España: Mc Graw Hill.
4. Pontificia Universidad Católica de Chile. (s.a.) *Apuntes de Historia de la Medicina*. (Académico ed.). Recuperado de: <http://escuela.med.puc.cl/publ/HistoriaMedicina/Indice.html>
5. Banga, A. K. (1998). *Electrically Assisted Transdermal and Topical Drug Delivery: Metabolism and Molecular Physiology of Saccharomyces*. London, GBR: CRC Press. Recuperado de: <http://www.ebrary.com>
6. Merino, V. y López, A. (2010). *Current Technologies to Increase the Transdermal Delivery of Drugs: Transdermal Iontophoresis*. (pp. 41-44). Bentham Science Publishers: México.
7. Serrano, R. (2008). *Las diferencias culturales entre países dictan el abordaje de la menopausia*. Diario Médico. Recuperado de: <http://search.proquest.com/docview/434259308?accountid=11643>
8. Martin, K. y Barbieri, R. (2014). *Treatment of menopausal symptoms with hormone therapy*. Recuperado de: <http://www.uptodate.com>
9. Casper, R. (2014). *Clinical manifestations and diagnosis of menopause*. Recuperado de: <http://www.uptodate.com>
10. Benson, H. A., & Watkinson, A. C. (2011). *Topical and Transdermal Drug Delivery: Principles and Practice*. Hoboken, NJ, USA: John Wiley & Sons. Recuperado de: <http://www.ebrary.com>
11. IARC (2007). *Combined Estrogen-Progestogen Contraceptives and Combined Estrogen-Progestogen Menopausal Therapy*. Albany, NY, USA: World Health Organization (WHO). Recuperado de: <http://www.ebrary.com>
12. Omar Barra; Franklin Barra: *Microcontroladores PIC con programación PBP*. (Alfaomega Ra-Ma, 2011)
13. Reyes, C. (2008). *Microcontroladores PIC con Programación en Basic*. RISPARGATE: México
14. Boylestad, R. (2011). *Introducción al análisis de circuitos*. Prentice Hall: México.

15. Boylestad, R. (2009). *Electrónica: Teoría de Circuitos y Dispositivos Electrónicos*. Pearson Education: México.
16. Coughlin, R.; Driscoll, F. (1993). *Operational Amplifiers and Linear integrated circuits*. Prentice Hall: México
17. Mancini, R. (2001). *Op Amps for Everyone*. Texas Instruments: E.U.
18. Franco, S. (2002). *Diseño con amplificadores operacionales y circuitos integrados analógicos*. Mc Graw Hill: México.
19. Ching; Camilleri; Conolly. (s.a.). *Portable and Programmable Iontophoresis Device for Transdermal Drug Delivery and Transdermal Extraction*. Bioengineering Unit, University of Strathclyde: U.K.
20. Pang; Dapeng Qiao. (s.a.). *Iontophoretic Drug Delivery Models*. Dep. Of Electrical and Electronic Engg. University of Hong Kong: China.
21. Zhao; Hung; Zhang. (1998) *Electrical Properties of Normal and Scared Skin*. Dept. of Othopedics and Electronic Engg. University of Hong Kong: China.
22. Ivey, B. (s.a.) *Low Power Design Guide*. Microchip Technology: E.U.
23. Martin; Dillon; Mach. (s.a.) *Iontophoresis Implementation using Low Cost Microcontroller*. Microchip Technology: E.U.

## ANEXO A

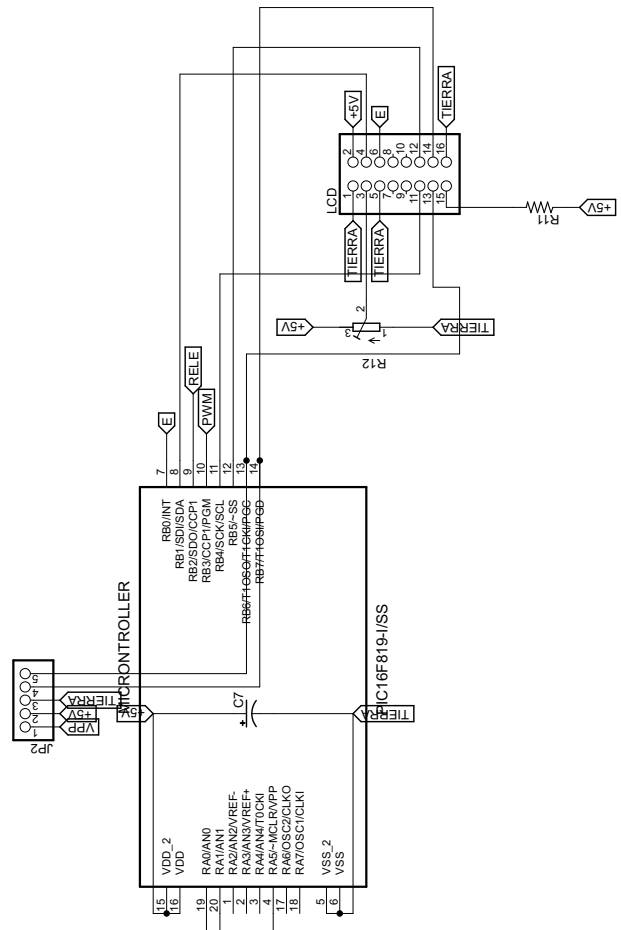
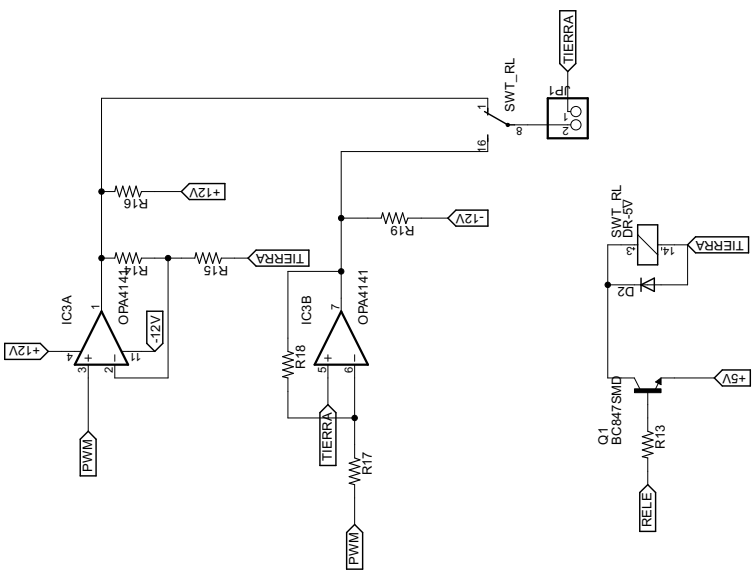
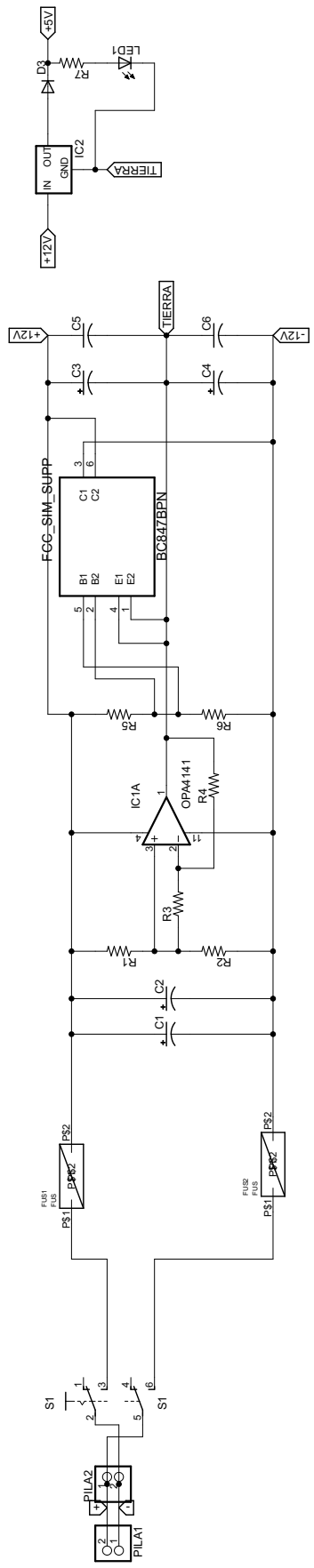
Lista de Componentes .....	a
Diagrama esquemático completo.....	b
Código de programación.....	c
Hojas de especificaciones .....	d

## Partlist

Exported from IONTOMMX\_V2.sch at 02/03/2015 13:45:56

EAGLE Version 5.4.0 Copyright (c) 1988-2009 CadSoft

Part	Value	Device	Package	Library	Sheet
C1		CPOL-US153CLV-0405	153CLV-0405	rcl	1
C2		CPOL-USCT3216	CT3216	rcl	1
C3		CPOL-USCT3216	CT3216	rcl	1
C4		CPOL-USCT3216	CT3216	rcl	1
C5		C-USC0603	C0603	rcl	1
C6		C-USC0603	C0603	rcl	1
C7		CPOL-USA/3216-18W	A/3216-18W	rcl	1
D1		DIODE-SOD323-R	SOD323-R	diode	1
D2		DIODE-DO-214AC	DO-214AC	diode	1
D3		DIODE-SOD323-R	SOD323-R	diode	1
FCC_SIM_SUPP	BC847BPN	MMDT3946-7-F	SOT65P210X110-6N	NPN-PNP-SOT363	1
FUS1	FUS	FUS	SSOP	fussup	1
FUS2	FUS	FUS	SSOP	fussup	1
IC1	OPA4141	OPA4132U	SO14	burr-brown	1
IC2		XC63FPP	SOT89R	v-reg	1
IC3	OPA4141	OPA4132U	SO14	burr-brown	1
JP1		PINHD-1X2	1X02	pinhead	1
JP2		PINHD-1X5	1X05	pinhead	1
LCD		PINHD-2X8	2X08	pinhead	1
LED1		LEDCHIPLD_0805	CHIPLD_0805	led	1
MICRONROLLER	PIC16F819-I/SS	PIC16F819-I/SS	SOP65P780X200-20N	microchip16F819	1
PILA1		PINHD-1X2	1X02	pinhead	1
PILA2		PINHD-1X2	1X02	pinhead	1
Q1	BC847SMD	BC847SMD	SOT23	transistor-npn	1
R1		R-US_R1206	R1206	rcl	1
R2		R-US_R1206	R1206	rcl	1
R3		R-US_R1206	R1206	rcl	1
R4		R-US_R1206	R1206	rcl	1
R5		R-US_R1206	R1206	rcl	1
R6		R-US_R1206	R1206	rcl	1
R7		R-US_R1206	R1206	rcl	1
R8		R-US_R1206	R1206	rcl	1
R9		R-US_R1206	R1206	rcl	1
R10		R-US_R1206	R1206	rcl	1
R11		R-US_R1206	R1206	rcl	1
R12		R-TRIMM64W	RTRIM64W	rcl	1
R13		R-US_R1206	R1206	rcl	1
R14		R-US_R1206	R1206	rcl	1
R15		R-US_R1206	R1206	rcl	1
R16		R-US_R1206	R1206	rcl	1
R17		R-US_R1206	R1206	rcl	1
R18		R-US_R1206	R1206	rcl	1
R19		R-US_R1206	R1206	rcl	1
RESET	PUSHBOTON_SMT	PUSHBOTON_SMT	SMT	PUSHBOTON_SMT	1
S1		A68-A31	A68-A31	switch	1
SW2	PUSHBOTON_SMT	PUSHBOTON_SMT	SMT	PUSHBOTON_SMT	1
SW3	PUSHBOTON_SMT	PUSHBOTON_SMT	SMT	PUSHBOTON_SMT	1
SWT_RL	DR-5V	DR-5V	DR-1	relay	1



```
'*****
'* Name      : IONTOMMX.BAS          *
'* Author    : MARTIN ROBERTO MAGAÑA MARTINEZ *
'* Notice    : Copyright (c) 2015    *
'*           : All Rights Reserved   *
'* Date      : 26/02/2015            *
'* Version   : 1.0                   *
'* Notes     :                         *
'*           :                         *
```

```
define OSC 4
```

```
*****LCD CONFIG*****
```

```
DEFINE LCD_RSREG PORTB
DEFINE LCD_RSBIT 1
DEFINE LCD_EREG PORTB
DEFINE LCD_EBIT 0
DEFINE LCD_BITS 10
```

```
*****
```

```
*****CONFIGURATION WORD*****
```

```
#config
```

```
__config F3F65389ACh
```

```
#ENDCONFIG
```

```
*****
```

```
*****REGISTER CONFIG*****
```

```
OSCCON = %01100000
ADCON1 = %00000111
```

```
TRISA = 255
PORTA = 0
TRISB = 0
PORTB = 0
```

```
*****VARIABLE DECLARATION*****
```



USECONDS = 9  
TSECONDS = 5  
UMINUTES = 1  
TMINUTES = 0

\*\*\*\*\*

\*\*\*\*\*MAIN PROGRAM\*\*\*\*\*

START:

LCDOUT \$FE, 1, " "  
PAUSE 500

LCDOUT \$FE, 1, " IONTOMMX"  
LCDOUT \$FE, \$C0, " V 1.0 "  
PAUSE 3000

LCDOUT \$FE, 1, " "  
LCDOUT \$FE, \$C0, " "  
PAUSE 500

LCDOUT \$FE, 1, "MADE BY:"  
LCDOUT \$FE, \$C0, " MRMM "  
PAUSE 3000

LCDOUT \$FE, 1, " "  
LCDOUT \$FE, \$C0, " "  
PAUSE 500

LCDOUT \$FE, 1, " SELECT "  
LCDOUT \$FE, \$C0, " THERAPY:"  
PAUSE 3000

LCDOUT \$FE, 1, " "  
LCDOUT \$FE, \$C0, " "  
PAUSE 500

LCDOUT \$FE, 1, " PRESS "  
LCDOUT \$FE, \$C0, " SELECT "

\*\*\*\*\*NOTES\*\*\*\*\*

OPTION:

```
IF PORTA.0 = 0 THEN
pause 50
GOTO TYPE1
ELSE
IF PORTA.0 = 1 THEN
pause 50
GOTO OPTION
ENDIF
ENDIF
```

TYPE1:

```
LCDOUT $FE, 1, "TYPE 1"
LCDOUT $FE, $C0, " OK? "
PAUSE 250
```

```
IF PORTA.0 = 0 THEN
pause 50
GOTO TYPE2
ELSE
IF PORTA.1 = 0 THEN
pause 50
GOTO PULSE1
ENDIF
ENDIF
```

```
IF PORTA.0 = 1 THEN
pause 50
GOTO TYPE1
ENDIF
```

TYPE2:

```
LCDOUT $FE, 1, "TYPE 2 "
LCDOUT $FE, $C0, " OK? "
PAUSE 250
```

```
IF PORTA.0 = 0 THEN
pause 50
GOTO TYPE1
ELSE
IF PORTA.1 = 0 THEN
```

```
pause 50
GOTO PULSE2
ENDIF
ENDIF
```

```
IF PORTA.0 = 1 THEN
pause 50
GOTO TYPE2
ENDIF
```

```
;*****PULSE ROUTINES*****
```

```
PULSE1:
hpwm 1,127,1500
```

```
COUNTS:
LCDOUT $FE, 1, "THRPY 1"
LCDOUT $FE, $C0, TMINUTES, UMINUTES, ":", TSECONDS, USECONDS
```

```
USECONDS = USECONDS - 1
PAUSE 1000
IF USECONDS = 255 THEN
USECONDS = 9
TSECONDS = TSECONDS - 1
ENDIF
IF TSECONDS = 255 THEN
TSECONDS = 5
UMINUTES = UMINUTES - 1
ENDIF
if UMINUTES = 255 THEN
GOTO FINISH
```

```
ENDIF
```

```
GOTO COUNTS
```

```
FINISH:
LCDOUT $FE, 1, "THRPY 1"
LCDOUT $FE, $C0, "DONE"
PAUSE 1000
hpwm 1, 0, 0
LCDOUT $FE, 1, "PRESS"
LCDOUT $FE, $C0, "RESET"
PAUSE 1000
GOTO FINISH
```

PULSE2:

hpwm 1, 127, 1500

HIGH PORTB. 2

COUNTS2:

LCDOUT \$FE, 1, "THRPY 2"

LCDOUT \$FE, \$C0, TMINUTES, UMINUTES, ":", TSECONDS, USECONDS

USECONDS = USECONDS - 1

PAUSE 1000

IF USECONDS = 255 THEN

USECONDS = 9

TSECONDS = TSECONDS - 1

ENDIF

IF TSECONDS = 255 THEN

TSECONDS = 5

UMINUTES = UMINUTES - 1

ENDIF

if UMINUTES = 255 THEN

GOTO FINISHED

ENDIF

GOTO COUNTS2

FINISHED:

LCDOUT \$FE, 1, "THRPY 2"

LCDOUT \$FE, \$C0, "DONE"

PAUSE 1000

LCDOUT \$FE, 1, "PRESS"

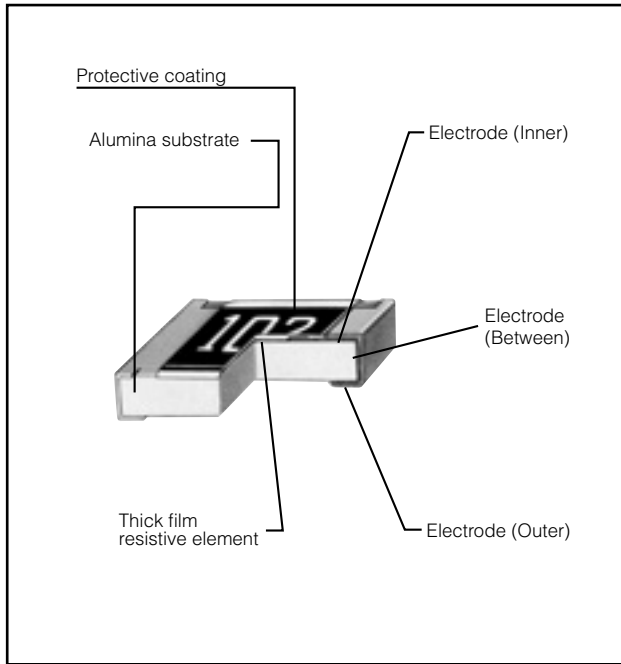
LCDOUT \$FE, \$C0, "RESET"

PAUSE 1000

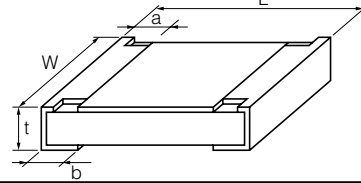
GOTO FINISHED



### Construction



### Dimensions in mm (not to scale)



Type (inch size)	Dimensions (mm)					Mass (Weight) (g/1000 pcs.)
	L	W	a	b	t	
ERJXG (01005)	0.40 $\pm$ 0.02	0.20 $\pm$ 0.02	0.10 $\pm$ 0.03	0.10 $\pm$ 0.03	0.13 $\pm$ 0.02	0.04
ERJ1G (0201)	0.60 $\pm$ 0.03	0.30 $\pm$ 0.03	0.10 $\pm$ 0.05	0.15 $\pm$ 0.05	0.23 $\pm$ 0.03	0.15
ERJ2G (0402)	1.00 $\pm$ 0.05	0.50 $\pm$ 0.05	0.20 $\pm$ 0.10	0.25 $\pm$ 0.05	0.35 $\pm$ 0.05	0.8
ERJ3G (0603)	1.60 $\pm$ 0.15	0.80 $\pm$ 0.15	0.30 $\pm$ 0.20	0.30 $\pm$ 0.15	0.45 $\pm$ 0.10	2
ERJ6G (0805)	2.00 $\pm$ 0.20	1.25 $\pm$ 0.10	0.40 $\pm$ 0.20	0.40 $\pm$ 0.20	0.60 $\pm$ 0.10	4
ERJ8G (1206)	3.20 $\pm$ 0.05	1.60 $\pm$ 0.05	0.50 $\pm$ 0.20	0.50 $\pm$ 0.20	0.60 $\pm$ 0.10	10
ERJ14 (1210)	3.20 $\pm$ 0.20	2.50 $\pm$ 0.20	0.50 $\pm$ 0.20	0.50 $\pm$ 0.20	0.60 $\pm$ 0.10	16
ERJ12 (1812)	4.50 $\pm$ 0.20	3.20 $\pm$ 0.20	0.50 $\pm$ 0.20	0.50 $\pm$ 0.20	0.60 $\pm$ 0.10	27
ERJ12Z (2010)	5.00 $\pm$ 0.20	2.50 $\pm$ 0.20	0.60 $\pm$ 0.20	0.60 $\pm$ 0.20	0.60 $\pm$ 0.10	27
ERJ1T (2512)	6.40 $\pm$ 0.20	3.20 $\pm$ 0.20	0.65 $\pm$ 0.20	0.60 $\pm$ 0.20	0.60 $\pm$ 0.10	45

### Ratings

<For Resistor>

Type (inch size)	Power Rating at 70 °C (W)	Limiting Element Voltage <sup>(1)</sup> (V)	Maximum Overload Voltage <sup>(2)</sup> (V)	Resistance Tolerance (%)	Resistance Range ( $\Omega$ )	T.C.R. ( $\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ )	Category Temperature Range ( $^{\circ}\text{C}$ )	
ERJXG (01005)	0.031	15	30	$\pm 5$	4.7 to 1 M (E24)	<10 $\Omega$ : -100 to +600 10 $\Omega$ to 100 $\Omega$ : $\pm 300$ 100 $\Omega$ : $\pm 200$	-55 to +125	
ERJ1G (0201)	0.05	25	50	$\pm 5$	1 to 10 M (E24)	<10 $\Omega$ : -100 to +600	-55 to +125	
ERJ2G (0402)	0.1	50	100	$\pm 5$	1 to 10 M (E24)		-55 to +155	
ERJ3G (0603)	0.1	75	150	$\pm 5$	1 to 10 M (E24)		-55 to +155	
ERJ6G (0805)	0.125	150	200	$\pm 5$	1 to 10 M (E24)		-55 to +155	
ERJ8G (1206)	0.25	200	400	$\pm 5$	1 to 10 M (E24)		10 $\Omega$ to 1 M $\Omega$ : $\pm 200$	-55 to +155
ERJ14 (1210)	0.5	200	400	$\pm 5$	1 to 10 M (E24)		-55 to +155	
ERJ12 (1812)	0.75	200	500	$\pm 5$	1 to 10 M (E24)	1 M $\Omega$ : -400 to +150	-55 to +155	
ERJ12Z (2010)	0.75	200	500	$\pm 5$	1 to 10 M (E24)		-55 to +155	
ERJ1T (2512)	1	200	500	$\pm 5$	1 to 1 M (E24)		-55 to +155	

(1) Rated Continuous Working Voltage (RCWV) shall be determined from  $\text{RCWV} = \sqrt{\text{Power Rating} \times \text{Resistance Values}}$ , or Limiting Element Voltage listed above, whichever less.

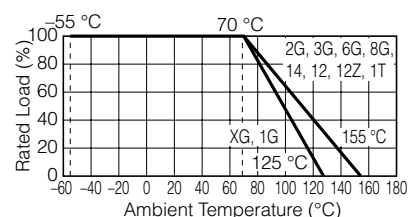
(2) Overload (Short-time Overload) Test Voltage (SOTV) shall be determined from  $\text{SOTV} = 2.5$  (Only ERJ2G=2.0)  $\times$  Power Rating or max. Overload Voltage listed above whichever less.

<For Jumper>

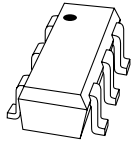
Type (inch size)	Rated Current (A)	Maximum Overload Current (A)
ERJXG (01005)	0.5	1
ERJ1G (0201)		
ERJ2G (0402)		
ERJ3G (0603)		
ERJ6G (0805)		
ERJ8G (1206)	2	4
ERJ14 (1210)		
ERJ12 (1812)		
ERJ12Z (2010)		
ERJ1T (2512)		

### Power Derating Curve

For resistors operated in ambient temperatures above 70 °C, power rating shall be derated in accordance with the figure below.



Design and specifications are each subject to change without notice. Ask factory for the current technical specifications before purchase and/or use. Should a safety concern arise regarding this product, please be sure to contact us immediately.



# BC847BPN

45 V, 100 mA NPN/PNP general-purpose transistor

Rev. 04 — 18 February 2009

Product data sheet

## 1. Product profile

### 1.1 General description

NPN/PNP general-purpose transistor pair in a very small SOT363 (SC-88) Surface-Mounted Device (SMD) plastic package.

### 1.2 Features

- Low collector capacitance
- Low collector-emitter saturation voltage
- Closely matched current gain
- Reduces number of components and board space
- No mutual interference between the transistors

### 1.3 Applications

- General-purpose switching and amplification

### 1.4 Quick reference data

Table 1. Quick reference data

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Unit
<b>Per transistor; for the PNP transistor with negative polarity</b>						
$V_{CE0}$	collector-emitter voltage	open base	-	-	45	V
$I_C$	collector current		-	-	100	mA
$h_{FE}$	DC current gain	$V_{CE} = 5\text{ V}; I_C = 2\text{ mA}$	200	-	450	

## 2. Pinning information

Table 2. Pinning

Pin	Description	Simplified outline	Graphic symbol
1	emitter TR1		
2	base TR1		
3	collector TR2		
4	emitter TR2		
5	base TR2		
6	collector TR1		

*sym019*

### 3. Ordering information

Table 3. Ordering information

Type number	Package		Version
	Name	Description	
BC847BPN	SC-88	plastic surface-mounted package; 6 leads	SOT363

### 4. Marking

Table 4. Marking codes

Type number	Marking code <sup>[1]</sup>
BC847BPN	13*

- [1] \* = -: made in Hong Kong  
 \* = p: made in Hong Kong  
 \* = t: made in Malaysia  
 \* = W: made in China

### 5. Limiting values

Table 5. Limiting values

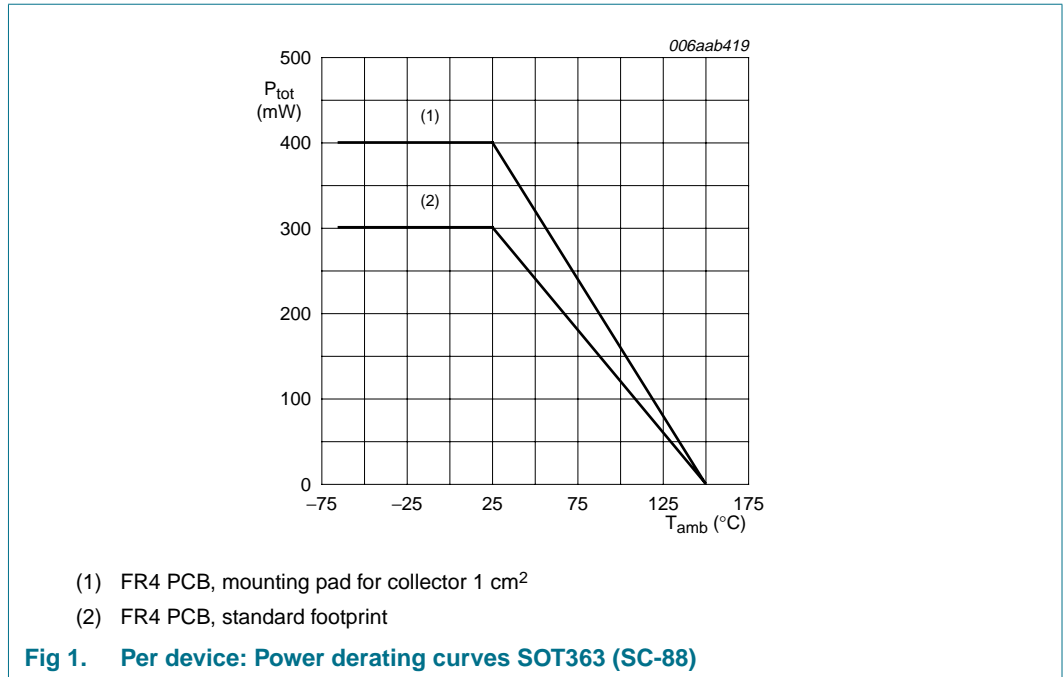
In accordance with the Absolute Maximum Rating System (IEC 60134).

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Max	Unit	
<b>Per transistor; for the PNP transistor with negative polarity</b>						
$V_{CBO}$	collector-base voltage	open emitter	-	50	V	
$V_{CEO}$	collector-emitter voltage	open base	-	45	V	
$V_{EBO}$	emitter-base voltage	open collector	-	5	V	
$I_C$	collector current		-	100	mA	
$I_{CM}$	peak collector current	single pulse; $t_p \leq 1$ ms	-	200	mA	
$I_{BM}$	peak base current	single pulse; $t_p \leq 1$ ms	-	200	mA	
$P_{tot}$	total power dissipation	$T_{amb} \leq 25$ °C	[1]	-	220	mW
			[2]	-	250	mW
<b>Per device</b>						
$P_{tot}$	total power dissipation	$T_{amb} \leq 25$ °C	[1]	-	300	mW
			[2]	-	400	mW
$T_j$	junction temperature		-	150	°C	
$T_{amb}$	ambient temperature		-65	+150	°C	
$T_{stg}$	storage temperature		-65	+150	°C	

[1] Device mounted on an FR4 Printed-Circuit Board (PCB), single-sided copper, tin-plated and standard footprint.

[2] Device mounted on an FR4 PCB, single-sided copper, tin-plated, mounting pad for collector 1 cm<sup>2</sup>.





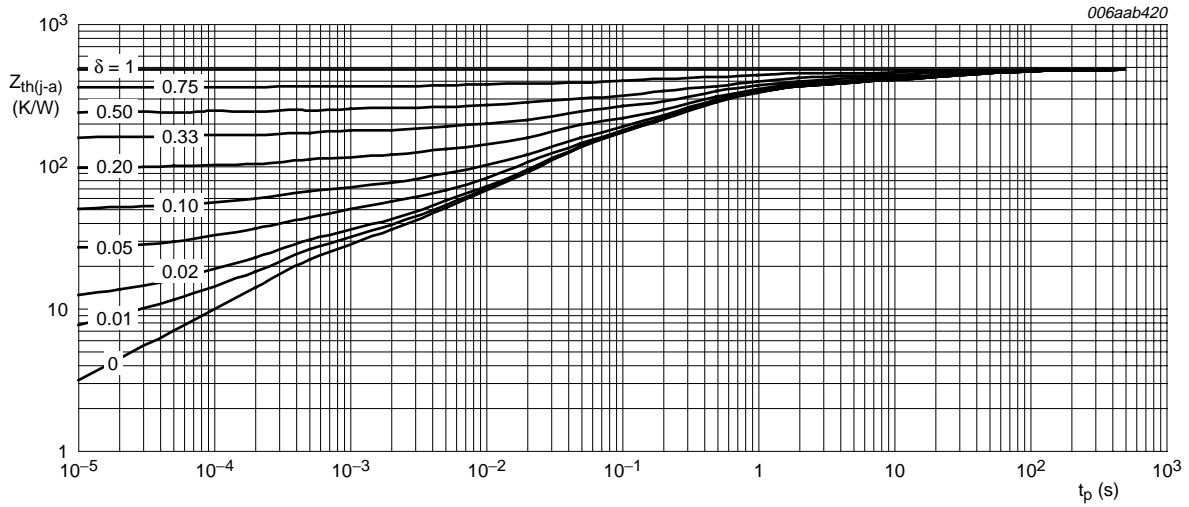
## 6. Thermal characteristics

**Table 6. Thermal characteristics**

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Unit
<b>Per transistor</b>						
R <sub>th(j-a)</sub>	thermal resistance from junction to ambient	in free air	[1]	-	568	K/W
			[2]	-	500	K/W
R <sub>th(j-sp)</sub>	thermal resistance from junction to solder point		-	-	230	K/W
<b>Per device</b>						
R <sub>th(j-a)</sub>	thermal resistance from junction to ambient	in free air	[1]	-	416	K/W
			[2]	-	313	K/W

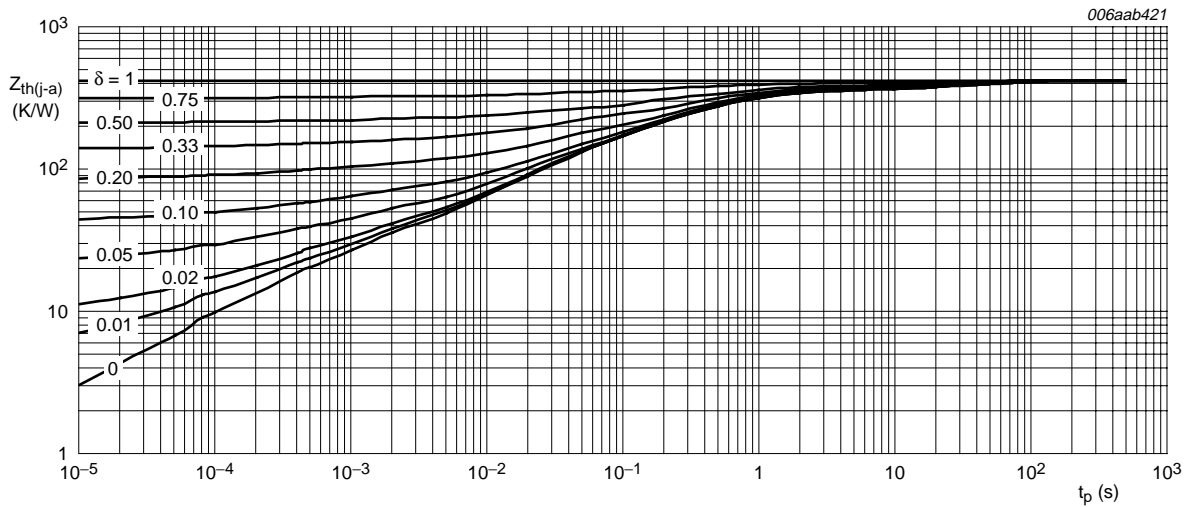
[1] Device mounted on an FR4 PCB, single-sided copper, tin-plated and standard footprint.

[2] Device mounted on an FR4 PCB, single-sided copper, tin-plated, mounting pad for collector 1 cm<sup>2</sup>.



FR4 PCB, standard footprint

**Fig 2. Per transistor: Transient thermal impedance from junction to ambient as a function of pulse duration; typical values**



FR4 PCB, mounting pad for collector 1 cm<sup>2</sup>

**Fig 3. Per transistor: Transient thermal impedance from junction to ambient as a function of pulse duration; typical values**

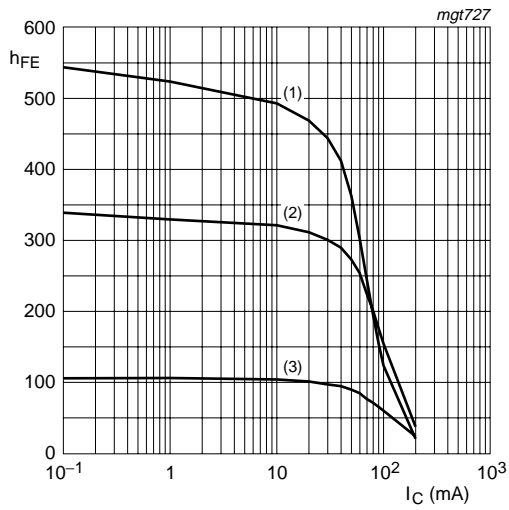
## 7. Characteristics

**Table 7. Characteristics**

$T_{amb} = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$  unless otherwise specified.

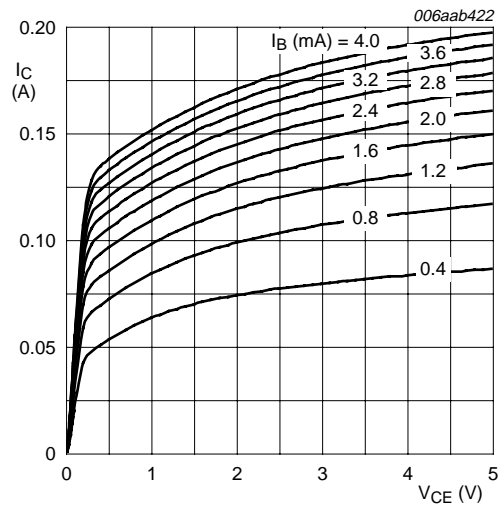
Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Unit
<b>Per transistor; for the PNP transistor with negative polarity</b>						
$I_{CBO}$	collector-base cut-off current	$V_{CB} = 30\text{ V}; I_E = 0\text{ A}$	-	-	15	nA
		$V_{CB} = 30\text{ V}; I_E = 0\text{ A}; T_j = 150\text{ }^{\circ}\text{C}$	-	-	5	$\mu\text{A}$
$I_{EBO}$	emitter-base cut-off current	$V_{EB} = 5\text{ V}; I_C = 0\text{ A}$	-	-	100	nA
$h_{FE}$	DC current gain	$V_{CE} = 5\text{ V}; I_C = 2\text{ mA}$	200	-	450	
$V_{CEsat}$	collector-emitter saturation voltage	$I_C = 10\text{ mA}; I_B = 0.5\text{ mA}$	-	-	100	mV
		$I_C = 100\text{ mA}; I_B = 5\text{ mA}$	[1]	-	300	mV
$V_{BEsat}$	base-emitter saturation voltage	$I_C = 10\text{ mA}; I_B = 0.5\text{ mA}$	-	755	-	mV
$V_{BE}$	base-emitter voltage	$I_C = 2\text{ mA}; V_{CE} = 5\text{ V}$				
	TR1 (NPN)		580	655	700	mV
	TR2 (PNP)		600	655	750	mV
$C_C$	collector capacitance	$I_E = i_e = 0\text{ A}; V_{CB} = 10\text{ V}; f = 1\text{ MHz}$				
	TR1 (NPN)		-	-	1.5	pF
	TR2 (PNP)		-	-	2.2	pF
$C_e$	emitter capacitance	$I_C = i_c = 0\text{ A}; V_{EB} = 0.5\text{ V}; f = 1\text{ MHz}$				
	TR1 (NPN)		-	11	-	pF
	TR2 (PNP)		-	10	-	pF
$f_T$	transition frequency	$I_C = 10\text{ mA}; V_{CE} = 5\text{ V}; f = 100\text{ MHz}$	100	-	-	MHz

[1] Pulse test:  $t_p \leq 300\text{ }\mu\text{s}; \delta \leq 0.02$ .



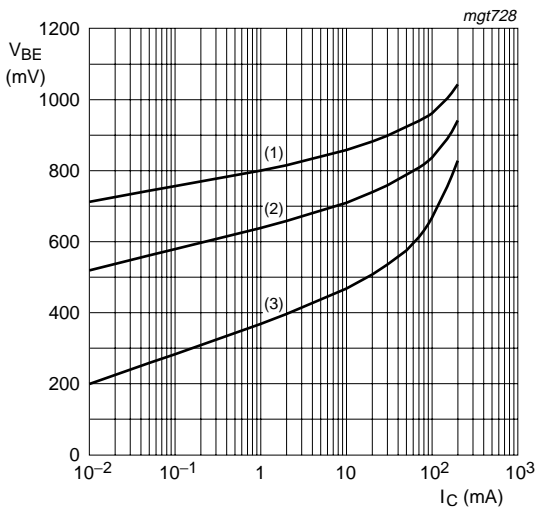
$V_{CE} = 5\text{ V}$   
 (1)  $T_{amb} = 150\text{ }^\circ\text{C}$   
 (2)  $T_{amb} = 25\text{ }^\circ\text{C}$   
 (3)  $T_{amb} = -55\text{ }^\circ\text{C}$

**Fig 4. TR1 (NPN): DC current gain as a function of collector current; typical values**



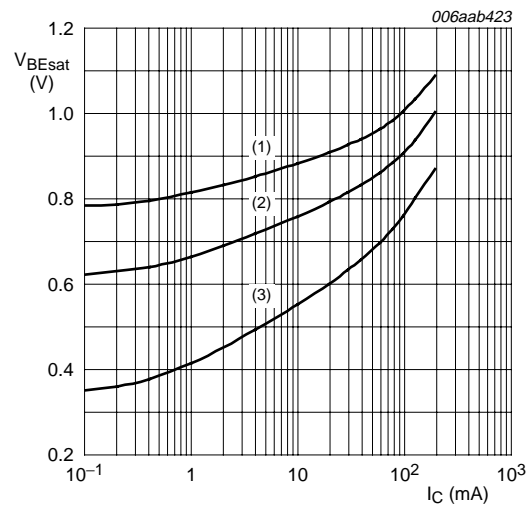
$T_{amb} = 25\text{ }^\circ\text{C}$

**Fig 5. TR1 (NPN): Collector current as a function of collector-emitter voltage; typical values**



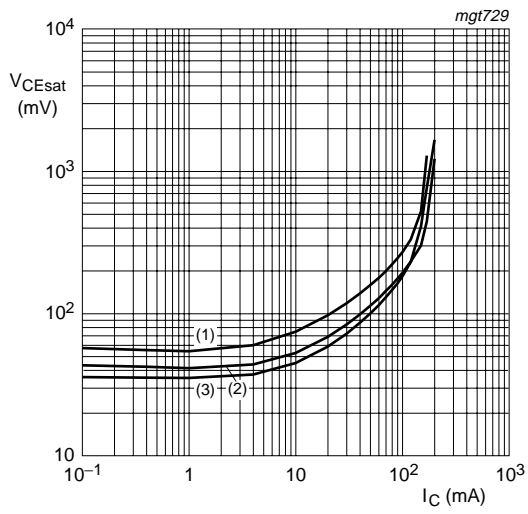
$V_{CE} = 5\text{ V}$   
 (1)  $T_{amb} = -55\text{ }^\circ\text{C}$   
 (2)  $T_{amb} = 25\text{ }^\circ\text{C}$   
 (3)  $T_{amb} = 150\text{ }^\circ\text{C}$

**Fig 6. TR1 (NPN): Base-emitter voltage as a function of collector current; typical values**



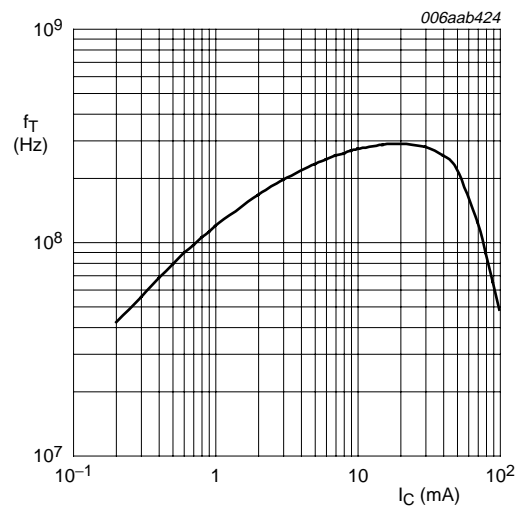
$I_C/I_B = 20$   
 (1)  $T_{amb} = -55\text{ }^\circ\text{C}$   
 (2)  $T_{amb} = 25\text{ }^\circ\text{C}$   
 (3)  $T_{amb} = 150\text{ }^\circ\text{C}$

**Fig 7. TR1 (NPN): Base-emitter saturation voltage as a function of collector current; typical values**



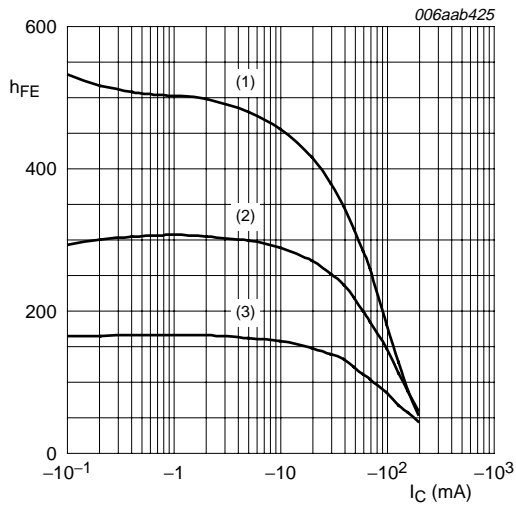
- $I_C/I_B = 20$
- (1)  $T_{amb} = 150^\circ\text{C}$
  - (2)  $T_{amb} = 25^\circ\text{C}$
  - (3)  $T_{amb} = -55^\circ\text{C}$

**Fig 8. TR1 (NPN): Collector-emitter saturation voltage as a function of collector current; typical values**



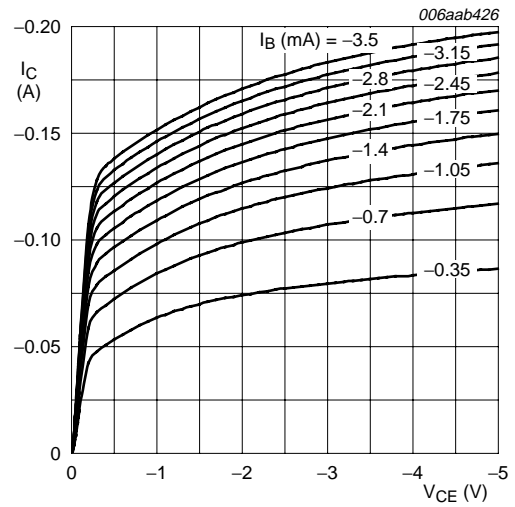
$V_{CE} = 5\text{ V}; f = 1\text{ MHz}; T_{amb} = 25^\circ\text{C}$

**Fig 9. TR1 (NPN): Transition frequency as a function of collector current; typical values**



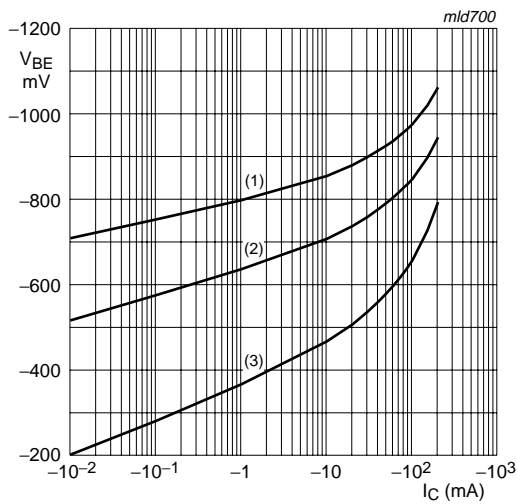
$V_{CE} = -5\text{ V}$   
 (1)  $T_{amb} = 150\text{ }^\circ\text{C}$   
 (2)  $T_{amb} = 25\text{ }^\circ\text{C}$   
 (3)  $T_{amb} = -55\text{ }^\circ\text{C}$

**Fig 10. TR2 (PNP): DC current gain as a function of collector current; typical values**



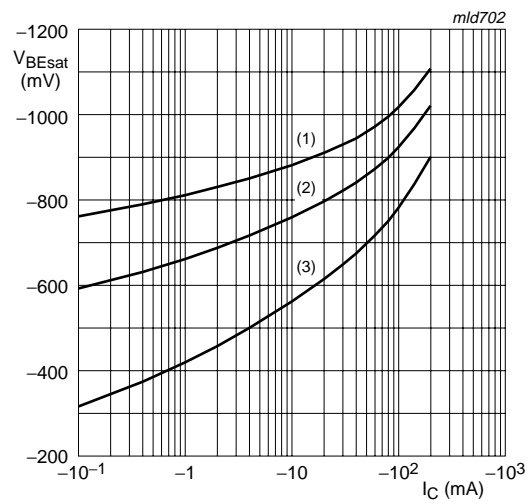
$T_{amb} = 25\text{ }^\circ\text{C}$

**Fig 11. TR2 (PNP): Collector current as a function of collector-emitter voltage; typical values**



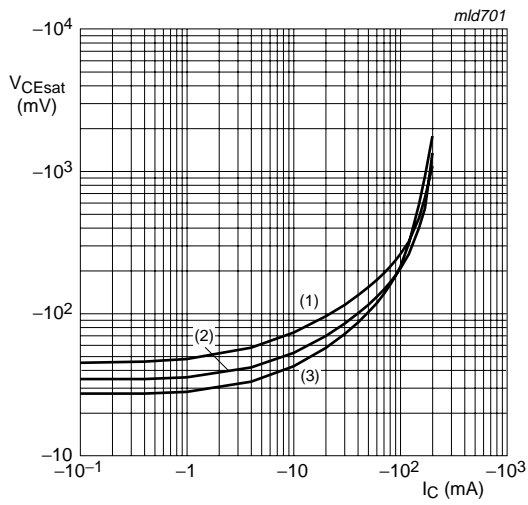
$V_{CE} = -5\text{ V}$   
 (1)  $T_{amb} = -55\text{ }^\circ\text{C}$   
 (2)  $T_{amb} = 25\text{ }^\circ\text{C}$   
 (3)  $T_{amb} = 150\text{ }^\circ\text{C}$

**Fig 12. TR2 (PNP): Base-emitter voltage as a function of collector current; typical values**



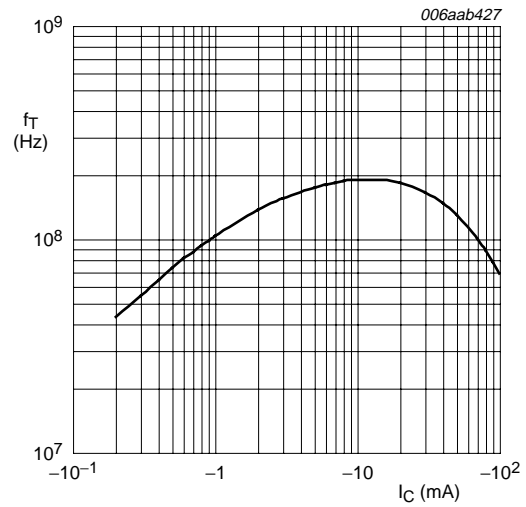
$I_C/I_B = 20$   
 (1)  $T_{amb} = -55\text{ }^\circ\text{C}$   
 (2)  $T_{amb} = 25\text{ }^\circ\text{C}$   
 (3)  $T_{amb} = 150\text{ }^\circ\text{C}$

**Fig 13. TR2 (PNP): Base-emitter saturation voltage as a function of collector current; typical values**



- $I_C/I_B = 20$
- (1)  $T_{amb} = 150\text{ °C}$
  - (2)  $T_{amb} = 25\text{ °C}$
  - (3)  $T_{amb} = -55\text{ °C}$

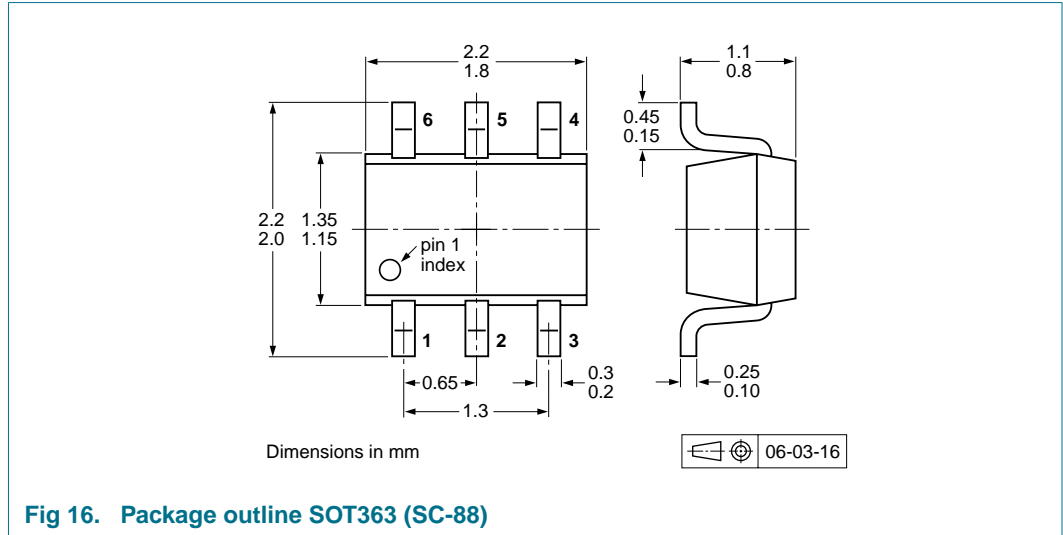
**Fig 14. TR2 (PNP): Collector-emitter saturation voltage as a function of collector current; typical values**



$V_{CE} = -5\text{ V}; f = 1\text{ MHz}; T_{amb} = 25\text{ °C}$

**Fig 15. TR2 (PNP): Transition frequency as a function of collector current; typical values**

## 8. Package outline



## 9. Packing information

**Table 8. Packing methods**

The indicated -xxx are the last three digits of the 12NC ordering code.<sup>[1]</sup>

Type number	Package	Description	Packing quantity	
			3000	10000
BC847BPN	SOT363	4 mm pitch, 8 mm tape and reel; T1	<sup>[2]</sup> -115	-135
		4 mm pitch, 8 mm tape and reel; T2	<sup>[3]</sup> -125	-165

[1] For further information and the availability of packing methods, see [Section 13](#).

[2] T1: normal taping

[3] T2: reverse taping





## 11. Revision history

**Table 9. Revision history**

Document ID	Release date	Data sheet status	Change notice	Supersedes
BC847BPN_4	20090218	Product data sheet	-	BC847BPN_3
Modifications:	<ul style="list-style-type: none"><li>• The format of this data sheet has been redesigned to comply with the new identity guidelines of NXP Semiconductors.</li><li>• Legal texts have been adapted to the new company name where appropriate.</li><li>• <a href="#">Section 4 "Marking"</a>: updated</li><li>• <a href="#">Section 7 "Characteristics"</a>: enhanced</li><li>• <a href="#">Section 9 "Packing information"</a>: added</li><li>• <a href="#">Section 10 "Soldering"</a>: added</li><li>• <a href="#">Section 12 "Legal information"</a>: updated</li></ul>			
BC847BPN_3	20011026	Product specification	-	BC847BPN_2
BC847BPN_2	19990426	Preliminary specification	-	BC847BPN_1
BC847BPN_1	19970709	Preliminary specification	-	-

## 12. Legal information

### 12.1 Data sheet status

Document status <sup>[1][2]</sup>	Product status <sup>[3]</sup>	Definition
Objective [short] data sheet	Development	This document contains data from the objective specification for product development.
Preliminary [short] data sheet	Qualification	This document contains data from the preliminary specification.
Product [short] data sheet	Production	This document contains the product specification.

[1] Please consult the most recently issued document before initiating or completing a design.

[2] The term 'short data sheet' is explained in section "Definitions".

[3] The product status of device(s) described in this document may have changed since this document was published and may differ in case of multiple devices. The latest product status information is available on the Internet at URL <http://www.nxp.com>.

### 12.2 Definitions

**Draft** — The document is a draft version only. The content is still under internal review and subject to formal approval, which may result in modifications or additions. NXP Semiconductors does not give any representations or warranties as to the accuracy or completeness of information included herein and shall have no liability for the consequences of use of such information.

**Short data sheet** — A short data sheet is an extract from a full data sheet with the same product type number(s) and title. A short data sheet is intended for quick reference only and should not be relied upon to contain detailed and full information. For detailed and full information see the relevant full data sheet, which is available on request via the local NXP Semiconductors sales office. In case of any inconsistency or conflict with the short data sheet, the full data sheet shall prevail.

### 12.3 Disclaimers

**General** — Information in this document is believed to be accurate and reliable. However, NXP Semiconductors does not give any representations or warranties, expressed or implied, as to the accuracy or completeness of such information and shall have no liability for the consequences of use of such information.

**Right to make changes** — NXP Semiconductors reserves the right to make changes to information published in this document, including without limitation specifications and product descriptions, at any time and without notice. This document supersedes and replaces all information supplied prior to the publication hereof.

**Suitability for use** — NXP Semiconductors products are not designed, authorized or warranted to be suitable for use in medical, military, aircraft, space or life support equipment, nor in applications where failure or malfunction of an NXP Semiconductors product can reasonably be expected to result in personal injury, death or severe property or environmental

damage. NXP Semiconductors accepts no liability for inclusion and/or use of NXP Semiconductors products in such equipment or applications and therefore such inclusion and/or use is at the customer's own risk.

**Applications** — Applications that are described herein for any of these products are for illustrative purposes only. NXP Semiconductors makes no representation or warranty that such applications will be suitable for the specified use without further testing or modification.

**Limiting values** — Stress above one or more limiting values (as defined in the Absolute Maximum Ratings System of IEC 60134) may cause permanent damage to the device. Limiting values are stress ratings only and operation of the device at these or any other conditions above those given in the Characteristics sections of this document is not implied. Exposure to limiting values for extended periods may affect device reliability.

**Terms and conditions of sale** — NXP Semiconductors products are sold subject to the general terms and conditions of commercial sale, as published at <http://www.nxp.com/profile/terms>, including those pertaining to warranty, intellectual property rights infringement and limitation of liability, unless explicitly otherwise agreed to in writing by NXP Semiconductors. In case of any inconsistency or conflict between information in this document and such terms and conditions, the latter will prevail.

**No offer to sell or license** — Nothing in this document may be interpreted or construed as an offer to sell products that is open for acceptance or the grant, conveyance or implication of any license under any copyrights, patents or other industrial or intellectual property rights.

**Quick reference data** — The Quick reference data is an extract of the product data given in the Limiting values and Characteristics sections of this document, and as such is not complete, exhaustive or legally binding.

### 12.4 Trademarks

Notice: All referenced brands, product names, service names and trademarks are the property of their respective owners.

## 13. Contact information

For more information, please visit: <http://www.nxp.com>

For sales office addresses, please send an email to: [salesaddresses@nxp.com](mailto:salesaddresses@nxp.com)

**14. Contents**

**1 Product profile . . . . . 1**

1.1 General description . . . . . 1

1.2 Features . . . . . 1

1.3 Applications . . . . . 1

1.4 Quick reference data . . . . . 1

**2 Pinning information . . . . . 1**

**3 Ordering information . . . . . 2**

**4 Marking . . . . . 2**

**5 Limiting values . . . . . 2**

**6 Thermal characteristics . . . . . 3**

**7 Characteristics . . . . . 5**

**8 Package outline . . . . . 10**

**9 Packing information . . . . . 10**

**10 Soldering . . . . . 11**

**11 Revision history . . . . . 12**

**12 Legal information . . . . . 13**

12.1 Data sheet status . . . . . 13

12.2 Definitions . . . . . 13

12.3 Disclaimers . . . . . 13

12.4 Trademarks . . . . . 13

**13 Contact information . . . . . 13**

**14 Contents . . . . . 14**

Please be aware that important notices concerning this document and the product(s) described herein, have been included in section 'Legal information'.



© NXP B.V. 2009.

All rights reserved.

For more information, please visit: <http://www.nxp.com>

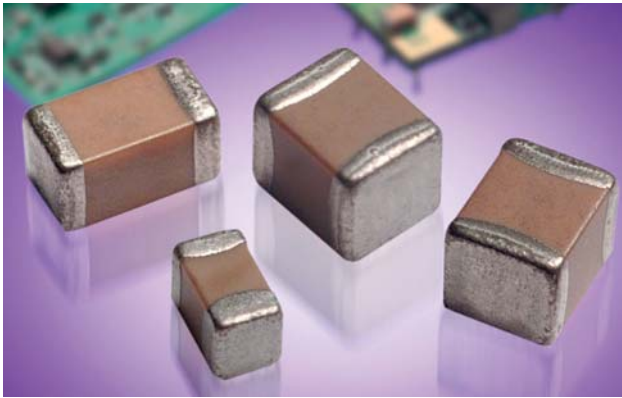
For sales office addresses, please send an email to: [salesaddresses@nxp.com](mailto:salesaddresses@nxp.com)

Date of release: 18 February 2009

Document identifier: BC847BPN\_4

# X7R Dielectric

## General Specifications



X7R formulations are called “temperature stable” ceramics and fall into EIA Class II materials. X7R is the most popular of these intermediate dielectric constant materials. Its temperature variation of capacitance is within  $\pm 15\%$  from  $-55^{\circ}\text{C}$  to  $+125^{\circ}\text{C}$ . This capacitance change is non-linear.

Capacitance for X7R varies under the influence of electrical operating conditions such as voltage and frequency.

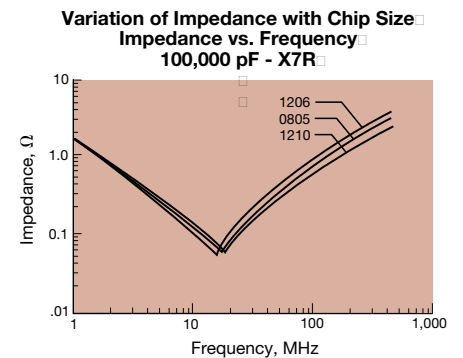
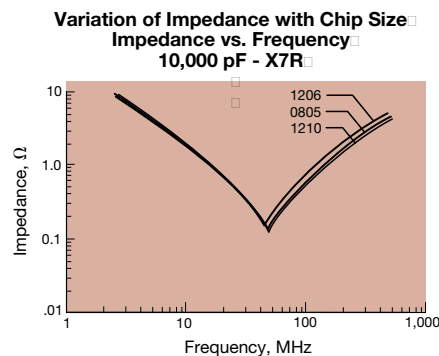
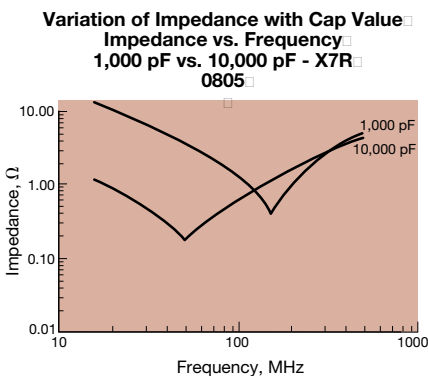
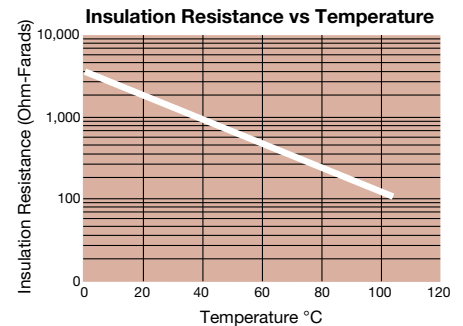
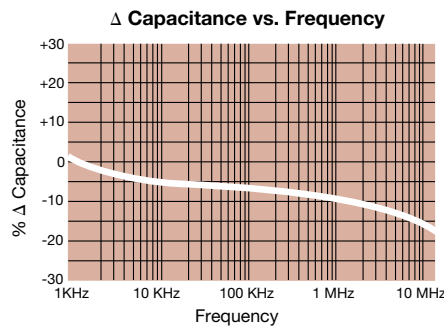
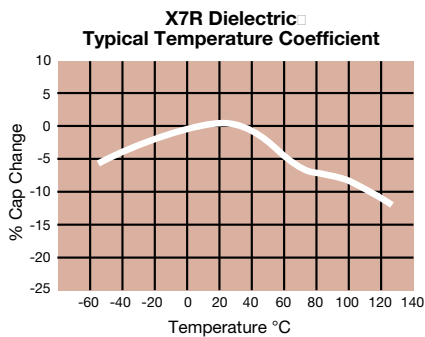
X7R dielectric chip usage covers the broad spectrum of industrial applications where known changes in capacitance due to applied voltages are acceptable.



### PART NUMBER (see page 2 for complete part number explanation)

0805	5	C	103	M	A	T	2	A
<b>Size</b> (L" x W")	<b>Voltage</b> 4V = 4 6.3V = 6 10V = Z 16V = Y 25V = 3 50V = 5 100V = 1 200V = 2 500V = 7	<b>Dielectric</b> X7R = C	<b>Capacitance Code (In pF)</b> 2 Sig. Digits + Number of Zeros	<b>Capacitance Tolerance</b> J = $\pm 5\%$ * K = $\pm 10\%$ M = $\pm 20\%$	<b>Failure Rate</b> A = Not Applicable	<b>Terminations</b> T = Plated Ni and Sn 7 = Gold Plated* Z = FLEXITERM®**	<b>Packaging</b> 2 = 7" Reel 4 = 13" Reel 7 = Bulk Cass. 9 = Bulk	<b>Special Code</b> A = Std. Product
				* $\leq 1\mu\text{F}$ only, contact factory for additional values		*Optional termination		
						**See FLEXITERM® X7R section	<b>Contact Factory For Multiples</b>	

NOTE: Contact factory for availability of Termination and Tolerance Options for Specific Part Numbers. Contact factory for non-specified capacitance values.



## Specifications and Test Methods

Parameter/Test		X7R Specification Limits	Measuring Conditions	
<b>Operating Temperature Range</b>		-55°C to +125°C	Temperature Cycle Chamber	
<b>Capacitance</b>		Within specified tolerance	Freq.: 1.0 kHz $\pm$ 10% Voltage: 1.0Vrms $\pm$ .2V	
<b>Dissipation Factor</b>		$\leq$ 2.5% for $\geq$ 50V DC rating $\leq$ 3.0% for 25V DC rating $\leq$ 3.5% for 25V and 16V DC rating $\leq$ 5.0% for $\leq$ 10V DC rating		
<b>Insulation Resistance</b>		100,000M $\Omega$ or 1000M $\Omega$ - $\mu$ F, whichever is less	Charge device with rated voltage for 120 $\pm$ 5 secs @ room temp/humidity	
<b>Dielectric Strength</b>		No breakdown or visual defects	Charge device with 300% of rated voltage for 1-5 seconds, w/charge and discharge current limited to 50 mA (max) Note: Charge device with 150% of rated voltage for 500V devices.	
<b>Resistance to Flexure Stresses</b>	Appearance	No defects	Deflection: 2mm Test Time: 30 seconds 	
	Capacitance Variation	$\leq$ $\pm$ 12%		
	Dissipation Factor	Meets Initial Values (As Above)		
	Insulation Resistance	$\geq$ Initial Value x 0.3		
<b>Solderability</b>		$\geq$ 95% of each terminal should be covered with fresh solder	Dip device in eutectic solder at 230 $\pm$ 5°C for 5.0 $\pm$ 0.5 seconds	
<b>Resistance to Solder Heat</b>	Appearance	No defects, <25% leaching of either end terminal	Dip device in eutectic solder at 260°C for 60 seconds. Store at room temperature for 24 $\pm$ 2 hours before measuring electrical properties.	
	Capacitance Variation	$\leq$ $\pm$ 7.5%		
	Dissipation Factor	Meets Initial Values (As Above)		
	Insulation Resistance	Meets Initial Values (As Above)		
	Dielectric Strength	Meets Initial Values (As Above)		
<b>Thermal Shock</b>	Appearance	No visual defects	Step 1: -55°C $\pm$ 2°	30 $\pm$ 3 minutes
	Capacitance Variation	$\leq$ $\pm$ 7.5%	Step 2: Room Temp	$\leq$ 3 minutes
	Dissipation Factor	Meets Initial Values (As Above)	Step 3: +125°C $\pm$ 2°	30 $\pm$ 3 minutes
	Insulation Resistance	Meets Initial Values (As Above)	Step 4: Room Temp	$\leq$ 3 minutes
	Dielectric Strength	Meets Initial Values (As Above)	Repeat for 5 cycles and measure after 24 $\pm$ 2 hours at room temperature	
<b>Load Life</b>	Appearance	No visual defects	Charge device with 1.5 rated voltage ( $\leq$ 10V) in test chamber set at 125°C $\pm$ 2°C for 1000 hours (+48, -0)  Remove from test chamber and stabilize at room temperature for 24 $\pm$ 2 hours before measuring.	
	Capacitance Variation	$\leq$ $\pm$ 12.5%		
	Dissipation Factor	$\leq$ Initial Value x 2.0 (See Above)		
	Insulation Resistance	$\geq$ Initial Value x 0.3 (See Above)		
	Dielectric Strength	Meets Initial Values (As Above)		
<b>Load Humidity</b>	Appearance	No visual defects	Store in a test chamber set at 85°C $\pm$ 2°C/ 85% $\pm$ 5% relative humidity for 1000 hours (+48, -0) with rated voltage applied.  Remove from chamber and stabilize at room temperature and humidity for 24 $\pm$ 2 hours before measuring.	
	Capacitance Variation	$\leq$ $\pm$ 12.5%		
	Dissipation Factor	$\leq$ Initial Value x 2.0 (See Above)		
	Insulation Resistance	$\geq$ Initial Value x 0.3 (See Above)		
	Dielectric Strength	Meets Initial Values (As Above)		

# X7R Dielectric

## Capacitance Range



### PREFERRED SIZES ARE SHADED

SIZE	0101*	0201	0402	0603	0805	1206	
Soldering	Reflow Only	Reflow Only	Reflow/Wave	Reflow/Wave	Reflow/Wave	Reflow/Wave	
Packaging	Paper/Embossed	All Paper	All Paper	All Paper	Paper/Embossed	Paper/Embossed	
(L) Length	mm (in.)	0.40 ± 0.02 (0.016 ± 0.0008)	0.60 ± 0.03 (0.024 ± 0.001)	1.00 ± 0.10 (0.040 ± 0.004)	1.60 ± 0.15 (0.063 ± 0.006)	2.01 ± 0.20 (0.079 ± 0.008)	3.20 ± 0.20 (0.126 ± 0.008)
(W) Width	mm (in.)	0.20 ± 0.02 (0.008 ± 0.0008)	0.30 ± 0.03 (0.011 ± 0.001)	0.50 ± 0.10 (0.020 ± 0.004)	0.81 ± 0.15 (0.032 ± 0.006)	1.25 ± 0.20 (0.049 ± 0.008)	1.60 ± 0.20 (0.063 ± 0.008)
(t) Terminal	mm (in.)	0.20 ± 0.02 (0.008 ± 0.0008)	0.15 ± 0.05 (0.006 ± 0.002)	0.25 ± 0.15 (0.010 ± 0.006)	0.35 ± 0.15 (0.014 ± 0.006)	0.50 ± 0.25 (0.020 ± 0.010)	0.50 ± 0.25 (0.020 ± 0.010)
WDC	10	10 16 25 50	6.3 10 16 25 50	6.3 10 16 25 50 100 200	6.3 10 16 25 50 100 200	6.3 10 16 25 50 100 200 500	
Cap 100	101	A	A A A A	C C	G G G		
Cap 150	151	A	A A A A	C C	G G G		
Cap 220	221	A	A A A A	C C	G G G		
Cap 330	331	A	A A A A	C C	G G G	J J J J J J	
Cap 470	471	A	A A A A	C C	G G G	J J J J J J	
Cap 680	681	A	A A A A	C C	G G G	J J J J J J	
Cap 1000	102	A	A A A	C C C	G G G	J J J J J J	
Cap 1500	152		A A	C C C	G G	J J J J J J	J J J J J J M
Cap 2200	222		A A	C C C	G G	J J J J J J	J J J J J J M
Cap 3300	332		A A	C C C	G G	J J J J J J	J J J J J J M
Cap 4700	472		A A	C C C	G G	J J J J J J	J J J J J J M
Cap 6800	682		A A	C C C	G G	J J J J J J	J J J J J J M
Cap 0.01	103		A A	C C C	G G	J J J J J J	J J J J J J P
Cap 0.015	153			C C C	G G	J J J J J J	J J J J J J M
Cap 0.022	223			C C C	G G	J J J J J J	J J J J J J M
Cap 0.033	333			C C C	G G	J J J J J J	J J J J J J M
Cap 0.047	473			C C C	G G	J J J J J J	J J J J J J M
Cap 0.068	683			C C C	G G	J J J J J J	J J J J J J P
Cap 0.1	104			C C C	G G	J J J J J J	J J J J J J M P
Cap 0.15	154				G G G G	J J J J N N	J J J J J Q
Cap 0.22	224				G G J J	J J N N N N	J J J J J Q
Cap 0.33	334				J J J J J	N N N N N N	J J M P Q
Cap 0.47	474				J J J J J	N N N N N N	M M M P Q
Cap 0.68	684				J J J J	N N N N	M M Q Q Q
Cap 1.0	105			C	J J J J	N N N N	M M Q Q Q
Cap 2.2	225				J J	P P P P	Q Q Q Q Q
Cap 4.7	475					P P P	Q Q Q Q Q
Cap 10	106					P P	Q Q Q
Cap 22	226						Q Q
Cap 47	476						
Cap 100	107						
WDC	10	10 16 25 50	6.3 10 16 25 50	6.3 10 16 25 50 100 200	6.3 10 16 25 50 100 200	6.3 10 16 25 50 100 200 500	
SIZE	0101	0201	0402	0603	0805	1206	

Letter	A	B	C	E	G	J	K	M	N	P	Q	X	Y	Z
Max. Thickness	0.33 (0.013)	0.22 (0.009)	0.56 (0.022)	0.71 (0.028)	0.90 (0.035)	0.94 (0.037)	1.02 (0.040)	1.27 (0.050)	1.40 (0.055)	1.52 (0.060)	1.78 (0.070)	2.29 (0.090)	2.54 (0.100)	2.79 (0.110)
	PAPER						EMBOSS							

NOTE: Contact factory for non-specified capacitance values

\*EIA 01005





### Surface Mount Type

Series: **S** Type: **V**



#### ■ Features

- Endurance: 85 °C 2000 h
- Vibration-proof product is available upon request. (φ8 mm and larger)
- AEC-Q200 qualified\*
- RoHS directive compliant

#### ■ Specifications

Category Temp. Range	-40 °C to +85 °C										
Rated W.V. Range	4 V.DC to 100 V.DC										
Nominal Cap. Range	1 μF to 1500 μF										
Capacitance Tolerance	±20 % (120 Hz/+20 °C)										
DC Leakage Current	I ≤ 0.01 CV or 3 (μA) (Bi-Polar I ≤ 0.02 CV or 6 (μA) After 2 minutes (Whichever is greater)										
tan δ	Please see the attached standard products list										
Characteristics at Low Temperature	W.V. (V)	4	6.3	10	16	25	35	50	63	100	(Impedance ratio at 120 Hz)
	Z(-25 °C)/Z(+20 °C)	7	4	3	2	2	2	2	3	3	
	Z(-40 °C)/Z(+20 °C)	15	8	6	4	4	3	3	4	4	
Endurance	After applying rated working voltage for 2000 hours (Bi-polar:1000 hours for each polarity) at +85 °C ±2 °C and then being stabilized at +20 °C, Capacitors shall meet the following limits.										
	Capacitance change	±20 % of inisial measured value									
		Size code	Rated W.V.		Cap. change						
		B(φ4) to D, D8(φ6.3)	4 W.V		1000 hours ±30 %						
	≤ D(φ6.3) Miniature	6.3 W.V		1000 hours ±20 %							
tan δ	≤ 200 % initial specified value										
DC leakage current	≤ initial specified value										
Shelf Life	After storage for 1000 hours at +85 °C±2 °C with no voltage applied and then being stabilized at +20 °C, capacitors shall meet the limits specified in Endurance. (With voltage treatment)										
Resistance to Soldering Heat	After reflow soldering and then being stabilized at +20 °C, capacitors shall meet the following limits.										
	Capacitance change	±10 % of initial measured value									
	tan δ	≤ initial specified value									
	DC leakage current	≤ initial specified value									

#### ■ Frequency correction factor for ripple current

Correction factor	Frequency (Hz)			
	50, 60	120	1 k	10 k to
	0.70	1.00	1.30	1.70

#### ■ Marking

Example:4V 33 μF (Polarized)  
Marking color: BLACK

Negative polarity marking (-)  
(No marking for the bi-polar)

Capacitance (μF)

Series identification (S) or (A)

Mark for Lead-Free Products Black Dot (Square)

Rated voltage Mark (V.DC) (6=6.3 V.DC)

Lot number

#### ■ Dimensions in mm (not to scale)

(Unit : mm)

Size code	D	L	A, B	H	I	W	P	K
B	4.0	5.4 <sup>+0.1</sup> <sub>-0.1</sub>	4.3	5.5 max.	1.8	0.65±0.1	1.0	0.35 <sup>+0.15</sup> <sub>-0.20</sub>
C	5.0	5.4 <sup>+0.1</sup> <sub>-0.2</sub>	5.3	6.5 max.	2.2	0.65±0.1	1.5	0.35 <sup>+0.15</sup> <sub>-0.20</sub>
D	6.3	5.4 <sup>+0.1</sup> <sub>-0.2</sub>	6.6	7.8 max.	2.6	0.65±0.1	1.8	0.35 <sup>+0.15</sup> <sub>-0.20</sub>
D8	6.3	7.7±0.3	6.6	7.8 max.	2.6	0.65±0.1	1.8	0.35 <sup>+0.15</sup> <sub>-0.20</sub>
E	8.0	6.2±0.3	8.3	9.5 max.	3.4	0.65±0.1	2.2	0.35 <sup>+0.15</sup> <sub>-0.20</sub>
F	8.0	10.2±0.3	8.3	10.0 max.	3.4	0.90±0.2	3.1	0.70±0.20
G	10.0	10.2±0.3	10.3	12.0 max.	3.5	0.90±0.2	4.6	0.70±0.20

( ) Reference size

\* This product qualify for AEC-Q200, but it has some deviations.

Design and specifications are each subject to change without notice. Ask factory for the current technical specifications before purchase and/or use. Should a safety concern arise regarding this product, please be sure to contact us immediately.

■ Standard Products

W.V.	Cap. (±20 %)	Case size			Specification			Part No. (RoHS:compliant)	Reflow	Min. Packaging Q'ty
		Dia.	Length	*Size Code	Ripple Current (120 Hz) (+85 °C)	tan δ (120 Hz) (+20 °C)	Endurance			Taping
(V)	(μF)	(mm)	(mm)		(mA r.m.s.)		(hours)			(pcs)
4	33	4	5.4	B	26	0.35	1000	EEE0GA330SR	(1)	2000
	47	4	5.4	B	34	0.35	1000	EEE0GA470SR	(1)	2000
	100	5	5.4	C	61	0.35	1000	EEE0GA101SR	(1)	1000
	220	6.3	5.4	D	82	0.35	1000	EEE0GA221SP	(1)	1000
	330	6.3	5.4	(D)	80	0.50	1000	EEE0GA331WP	(1)	1000
	470	6.3	7.7	D8	200	0.35	1000	EEE0GA471XP	(1)	900
6.3	22	4	5.4	B	29	0.26	2000	EEE0JA220SR	(1)	2000
	33	4	5.4	(B)	22	0.35	1000	EEE0JA330WR	(1)	2000
	47	4	5.4	(B)	36	0.35	1000	EEE0JA470WR	(1)	2000
		5	5.4	C	46	0.26	2000	EEE0JA470SR	(1)	1000
	100	5	5.4	(C)	47	0.35	1000	EEE0JA101WR	(1)	1000
		6.3	5.4	D	71	0.26	2000	EEE0JA101SP	(1)	1000
	220	6.3	5.4	(D)	74	0.35	1000	EEE0JA221WP	(1)	1000
	330	6.3	7.7	D8	188	0.26	2000	EEE0JA331XP	(1)	900
		8	6.2	E	300	0.35	2000	EEE0JA331P	(2)	1000
	470	8	10.2	F	380	0.35	2000	EEE0JA471P	(2)	500
1000	8	10.2	(F)	500	0.35	2000	EEE0JA102UP	(2)	500	
	10	10.2	G	700	0.35	2000	EEE0JA102P	(2)	500	
1500	10	10.2	G	750	0.35	2000	EEE0JA152P	(2)	500	
10	22	4	5.4	(B)	28	0.30	1000	EEE1AA220WR	(1)	2000
	33	4	5.4	(B)	29	0.30	1000	EEE1AA330WR	(1)	2000
		5	5.4	C	43	0.20	2000	EEE1AA330SR	(1)	1000
	47	5	5.4	(C)	43	0.30	1000	EEE1AA470WR	(1)	1000
	100	5	5.4	(C)	50	0.30	1000	EEE1AA101WR	(1)	1000
		6.3	5.4	D	70	0.26	2000	EEE1AA101SP	(1)	1000
	220	6.3	7.7	D8	173	0.20	2000	EEE1AA221XP	(1)	900
		8	6.2	E	250	0.26	2000	EEE1AA221P	(2)	1000
	330	8	10.2	F	390	0.26	2000	EEE1AA331P	(2)	500
	470	8	10.2	(F)	390	0.26	2000	EEE1AA471UP	(2)	500
10		10.2	G	400	0.26	2000	EEE1AA471P	(2)	500	
1000	10	10.2	G	580	0.26	2000	EEE1AA102P	(2)	500	
16	10	4	5.4	B	28	0.16	2000	EEE1CA100SR	(1)	2000
	22	4	5.4	(B)	28	0.26	1000	EEE1CA220WR	(1)	2000
		5	5.4	C	39	0.16	2000	EEE1CA220SR	(1)	1000
	33	5	5.4	(C)	35	0.26	1000	EEE1CA330WR	(1)	1000
	47	5	5.4	(C)	39	0.26	1000	EEE1CA470WR	(1)	1000
		6.3	5.4	D	70	0.16	2000	EEE1CA470SP	(1)	1000
	100	6.3	5.4	(D)	70	0.26	1000	EEE1CA101WP	(1)	1000
		8	6.2	E	200	0.20	2000	EEE1CA101P	(2)	1000
	220	6.3	7.7	D8	162	0.16	2000	EEE1CA221XP	(1)	900
		8	10.2	F	280	0.20	2000	EEE1CA221P	(2)	500
	330	8	10.2	(F)	320	0.20	2000	EEE1CA331UP	(2)	500
		10	10.2	G	380	0.20	2000	EEE1CA331P	(2)	500
	470	8	10.2	(F)	350	0.20	2000	EEE1CA471UP	(2)	500
		10	10.2	G	420	0.20	2000	EEE1CA471P	(2)	500

\* Size code( ):Miniaturization product  
 · Please refer to the page of "Reflow Profile" and "The Taping Dimensions".  
 · When requesting vibration-proof product, please put the last "V" instead to "P"

### ■ Standard Products

W.V. (V)	Cap. (±20 %) (μF)	Case size			Specification			Part No. (RoHS:compliant)	Reflow	Min. Packaging Q'ty
		Dia. (mm)	Length (mm)	*Size Code	Ripple Current (120 Hz) (+85 °C) (mA r.m.s.)	tan δ (120 Hz) (+20 °C)	Endurance (hours)			Taping (pcs)
25	4.7	4	5.4	B	22	0.14	2000	EEE1EA4R7SR	(1)	2000
	10	4	5.4	(B)	22	0.20	1000	EEE1EA100WR	(1)	2000
		5	5.4	C	28	0.14	2000	EEE1EA100SR	(1)	1000
	22	5	5.4	(C)	35	0.20	1000	EEE1EA220WR	(1)	1000
		6.3	5.4	D	55	0.14	2000	EEE1EA220SP	(1)	1000
	33	5	5.4	(C)	42	0.20	1000	EEE1EA330WR	(1)	1000
		6.3	5.4	D	65	0.14	2000	EEE1EA330SP	(1)	1000
	47	6.3	5.4	(D)	70	0.20	1000	EEE1EA470WP	(1)	1000
	100	6.3	7.7	D8	143	0.14	2000	EEE1EA101XP	(1)	900
		8	6.2	(E)	91	0.16	2000	EEE1EA101UP	(2)	1000
		8	10.2	F	180	0.16	2000	EEE1EA101P	(2)	500
	220	8	10.2	(F)	230	0.16	2000	EEE1EA221UP	(2)	500
		10.0	10.2	G	310	0.16	2000	EEE1EA221P	(2)	500
	330	8	10.2	(F)	270	0.16	2000	EEE1EA331UP	(2)	500
10		10.2	G	340	0.16	2000	EEE1EA331P	(2)	500	
470	10	10.2	G	380	0.16	2000	EEE1EA471P	(2)	500	
35	4.7	4	5.4	B	22	0.12	2000	EEE1VA4R7SR	(1)	2000
	10	4	5.4	(B)	22	0.16	1000	EEE1VA100WR	(1)	2000
		5	5.4	C	30	0.12	2000	EEE1VA100SR	(1)	1000
	22	5	5.4	(C)	36	0.16	1000	EEE1VA220WR	(1)	1000
		6.3	5.4	D	60	0.12	2000	EEE1VA220SP	(1)	1000
	33	6.3	5.4	(D)	60	0.16	1000	EEE1VA330WP	(1)	1000
		8	6.2	E	130	0.14	2000	EEE1VA330P	(2)	1000
	47	6.3	5.4	(D)	70	0.16	1000	EEE1VA470WP	(1)	1000
		8	6.2	E	165	0.14	2000	EEE1VA470P	(2)	1000
	100	6.3	7.7	D8	132	0.12	2000	EEE1VA101XP	(1)	900
		8	10.2	(F)	140	0.14	2000	EEE1VA101UP	(2)	500
		10	10.2	G	210	0.14	2000	EEE1VA101P	(2)	500
	220	8	10.2	(F)	200	0.14	2000	EEE1VA221UP	(2)	500
		10	10.2	G	310	0.14	2000	EEE1VA221P	(2)	500
330	10	10.2	G	350	0.14	2000	EEE1VA331P	(2)	500	

\* Size code( ):Miniaturization product

· Please refer to the page of "Reflow Profile" and "The Taping Dimensions".

· When requesting vibration-proof product, please put the last "V" instead to "P"

### Standard Products

W.V. (V)	Cap. (±20 %) (μF)	Case size			Specification			Part No. (RoHS:compliant)	Reflow	Min. Packaging Q'ty
		Dia. (mm)	Length (mm)	*Size Code	Ripple Current (120 Hz) (+85 °C) (mA r.m.s.)	tan δ (120 Hz) (+20 °C)	Endurance (hours)			Taping (pcs)
50	0.1	4	5.4	B	1	0.12	2000	EEE1HA0R1SR ***	(1)	2000
	0.22	4	5.4	B	2	0.12	2000	EEE1HAR22SR ***	(1)	2000
	0.33	4	5.4	B	3	0.12	2000	EEE1HAR33SR ***	(1)	2000
	0.47	4	5.4	B	5	0.12	2000	EEE1HAR47SR ***	(1)	2000
	1	4	5.4	B	10	0.12	2000	EEE1HA010SR	(1)	2000
	2.2	4	5.4	B	16	0.12	2000	EEE1HA2R2SR	(1)	2000
	3.3	4	5.4	B	16	0.12	2000	EEE1HA3R3SR	(1)	2000
	4.7	4	5.4	(B)	18	0.14	1000	EEE1HA4R7WR	(1)	2000
		5	5.4	C	23	0.12	2000	EEE1HA4R7SR	(1)	1000
	10	5	5.4	(C)	27	0.14	1000	EEE1HA100WR	(1)	1000
		6.3	5.4	D	35	0.12	2000	EEE1HA100SP	(1)	1000
	22	6.3	5.4	(D)	40	0.14	1000	EEE1HA220WP	(1)	1000
		8	6.2	E	120	0.12	2000	EEE1HA220P	(2)	1000
	33	6.3	7.7	D8	85	0.12	2000	EEE1HA330XP	(1)	900
		8	6.2	(E)	65	0.12	2000	EEE1HA330UP	(2)	1000
		8	10.2	F	110	0.12	2000	EEE1HA330P	(2)	500
	47	6.3	7.7	D8	105	0.12	2000	EEE1HA470XP	(1)	900
		8	10.2	(F)	110	0.12	2000	EEE1HA470UP	(2)	500
		10	10.2	G	130	0.12	2000	EEE1HA470P	(2)	500
	100	8	10.2	(F)	200	0.12	2000	EEE1HA101UP	(2)	500
10		10.2	G	250	0.12	2000	EEE1HA101P	(2)	500	
220	10	10.2	G	300	0.12	2000	EEE1HA221P	(2)	500	
63	22	8	6.2	(E)	40	0.18	2000	EEE1JA220UP	(2)	1000
		8	10.2	F	40	0.18	2000	EEE1JA220P	(2)	500
	33	8	10.2	F	45	0.18	2000	EEE1JA330P	(2)	500
		8	10.2	(F)	45	0.18	2000	EEE1JA470UP	(2)	500
	100	10	10.2	G	60	0.18	2000	EEE1JA101P	(2)	500
100	3.3	8	6.2	E	50	0.18	2000	EEE2AA3R3P	(2)	1000
	4.7	8	6.2	(E)	50	0.18	2000	EEE2AA4R7UP	(2)	1000
	10	8	6.2	(E)	50	0.18	2000	EEE2AA100UP	(2)	1000
		8	10.2	F	85	0.18	2000	EEE2AA100P	(2)	500
	22	8	10.2	(F)	55	0.18	2000	EEE2AA220UP	(2)	500
		10	10.2	G	85	0.18	2000	EEE2AA220P	(2)	500
	33	10	10.2	G	90	0.18	2000	EEE2AA330P	(2)	500

\* Size code( ):Miniaturization product

\*\*\* Please kindly accept last shipment : 31/Mar/2015

· Please refer to the page of "Reflow Profile" and "The Taping Dimensions".

· When requesting vibration-proof product, please put the last "V" instead to "P"

■ Standard Products (Bi-polar)

Endurance : 85 °C 2000 h

W.V.	Cap. (±20 %)	Case size			Specification			Part No. (RoHS:compliant)	Reflow	Min. Packaging Q'ty
		Dia.	Length	Size Code	Ripple Current (120 Hz) (+85 °C) (mA r.m.s.)	tan δ (120 Hz) (+20 °C)	Endurance			Taping  (pcs)
(V)	(μF)	(mm)	(mm)							
6.3	22	5	5.4	C	29	0.52	2000	EEE0JA220NR	(1)	1000
	47	6.3	5.4	D	46	0.52	2000	EEE0JA470NP	(1)	1000
10	10	4	5.4	B	25	0.40	2000	EEE1AA100NR	(1)	2000
	33	6.3	5.4	D	43	0.40	2000	EEE1AA330NP	(1)	1000
16	4.7	4	5.4	B	20	0.32	2000	EEE1CA4R7NR	(1)	2000
	10	5	5.4	C	25	0.32	2000	EEE1CA100NR	(1)	1000
	22	6.3	5.4	D	39	0.32	2000	EEE1CA220NP	(1)	1000
25	3.3	4	5.4	B	12	0.28	2000	EEE1EA3R3NR	(1)	2000
	4.7	5	5.4	C	21	0.28	2000	EEE1EA4R7NR	(1)	1000
	10	6.3	5.4	D	28	0.28	2000	EEE1EA100NP	(1)	1000
35	2.2	4	5.4	B	12	0.24	2000	EEE1VA2R2NR	(1)	2000
	4.7	5	5.4	C	22	0.24	2000	EEE1VA4R7NR	(1)	1000
	10	6.3	5.4	D	30	0.24	2000	EEE1VA100NP	(1)	1000
50	0.22	4	5.4	B	2	0.24	2000	EEE1HAR22NR ***	(1)	2000
	0.33	4	5.4	B	3	0.24	2000	EEE1HAR33NR ***	(1)	2000
	0.47	4	5.4	B	5	0.24	2000	EEE1HAR47NR ***	(1)	2000
	1	4	5.4	B	10	0.24	2000	EEE1HA010NR	(1)	2000
	2.2	5	5.4	C	16	0.24	2000	EEE1HA2R2NR	(1)	1000
	3.3	5	5.4	C	21	0.24	2000	EEENZ1H3R3R	(1)	1000
	4.7	6.3	5.4	D	31	0.24	2000	EEE1HA4R7NP	(1)	1000

- \*\*\* Please kindly accept last shipment : 31/Mar/2015
- Please refer to the page of "Reflow Profile" and "The Taping Dimensions".
- When requesting vibration-proof product, please put the last "V" instead to "P"

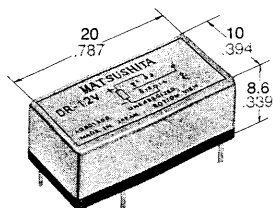


# NAIS

## HIGHLY RELIABLE MINIATURE DIP RELAYS

# DR-RELAYS

UL File No.: E43149 CSA File No.: LR26550



mm inch

- High breakdown voltage – Between open contacts: 750 Vrms  
Between contacts and coil: 1500 Vrms
- Surge voltage withstand: 1500 V (Based on part 68, FCC standard)
- 1 coil and 2 coil latching types available
- High sensitivity
- High contact pressure
- Miniature size and low profile —standing only 8.6 mm (.339 inches) including stand-offs on headers
- High speed —Operate time: Approx. 1 msec.

### SPECIFICATIONS

Contacts	
Arrangement	1 Form C
Initial contact resistance, max. (By voltage drop 6 V DC 1 A)	60 mΩ
Initial contact pressure	Approx. 9 g .32 oz
Electrostatic capacitance	
Contact-Contact	3 pF
N.O. contact-Coil	4 pF
N.C. contact-Coil	5 pF
UL-Rating (resistive)	
Switching power	33 VA, 20 W
Switching voltage	110 V AC, 30 V DC
Switching current	AC 0.3 A, DC 1 A
Contact material	Gold cobalt
Expected life (min. operations)	
Mechanical (at 50 cps.)	10 <sup>9</sup>
Electrical	
1 A 20 V DC resistive	10 <sup>6</sup>
0.3 A 110 V AC resistive	10 <sup>6</sup>
0.2 A 24 V DC resistive	10 <sup>7</sup>

Contact bounce	
Single side stable	Approx. 0.5 msec.
1 coil latching	Approx. 0.3 msec.
2 coil latching	Approx. 0.3 msec.
<b>Characteristics</b>	
Max. operating speed	60 cpm at nominal load 300 cps. at no load
Operate time	Approx. 1 msec.
Release time	Approx. 0.5 msec.
Initial breakdown voltage	
Between open contacts	750 Vrms
Between live parts and ground	1,000 Vrms
Between coil and contact	1,500 Vrms
Initial insulation resistance	Min. 1,000 MΩ at 500 V DC
Max. continuous power	0.5 W
Temperature rise	20 deg. (at 120 mW application) 47 deg. (at 500 mW application)
Ambient temperature	-50°C to +85°C -58°F to +185°F
Shock resistance	More than 100 G
Vibration resistance	20 G, 10 to 55 Hz at double amplitude of 3.3 mm
Unit weight	4 g .14 oz

### TYPES AND COIL DATA at 20°C 68°F

Single side stable	Pick-up voltage, V DC (max.)	Drop-out voltage, V DC (min.)	Maximum allowable voltage, V DC	Coil resistance, Ω (±10%)	Nominal Operating power, mW
DR-3V	2.4	0.3	6.8	94	96
DR-5V	4.0	0.3	10.9	320	78
DR-6V	4.8	0.6	12.8	330	109
DR-12V	9.6	1.2	26.4	1,400	103
DR-24V	17.0	2.4	42.4	3,600	160
DR-48V	33.6	4.8	74.1	11,000	209
1 coil latching	Pick-up voltage, V DC (max.)	Maximum allowable voltage, V DC	Coil resistance, Ω (±10%)	Nominal operating power, mW	
DR-L-3V	2.4	8.9	160	56	
DR-L-5V	4.0	14.5	420	59	
DR-L-6V	4.8	17.4	610	59	
DR-L-12V	9.6	33.9	2,300	63	
DR-L-24V	17.0	53.8	5,800	99	
DR-L-48V	33.6	102.7	21,100	110	
2 coil latching	Pick-up voltage, V DC (max.)	Maximum allowable voltage, V DC	Coil resistance, Ω (±10%) Coil I & Coil II	Nominal operating power, mW	
DR-L2-3V	2.4	6.3	80	112	
DR-L2-5V	4.0	10.6	225	111	
DR-L2-6V	4.8	12.0	290	124	
DR-L2-12V	9.6	24.6	1,210	119	
DR-L2-24V	18.0	43.8	3,840	150	
DR-L2-48V	33.6	63.0	7,950	290	

### ORDERING INFORMATION

Ex. DR — L2 — 24V

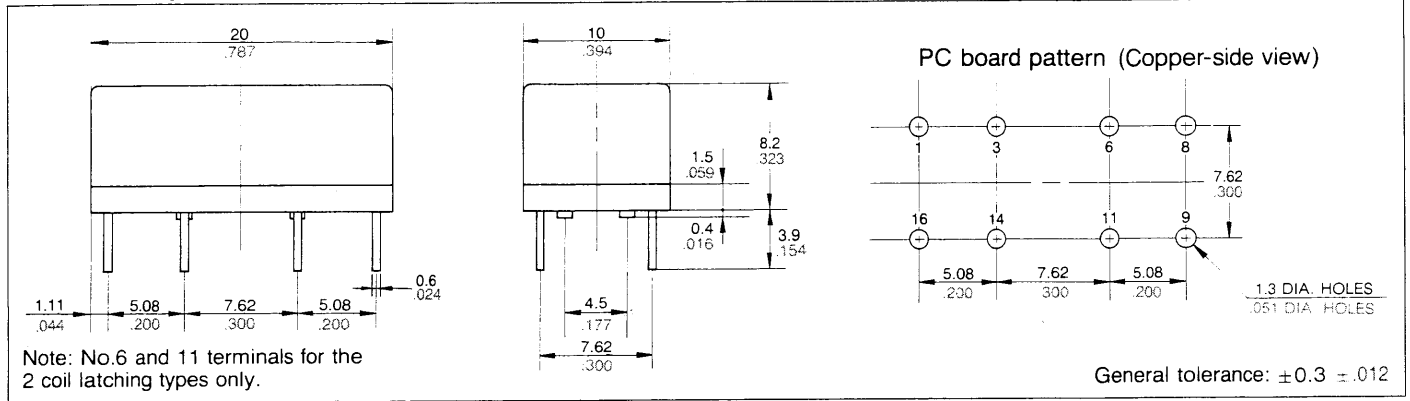
Operating function	Coil voltage
Nil: Single side stable	3, 5, 6, 12,
L: 1 coil latching	24, 48 V
L2: 2 coil latching	

- (Notes) 1. For UL/CSA recognized types, add suffix UL/CSA.  
2. Standard packing: Carton; 50 pcs.  
Case; 500 pcs.

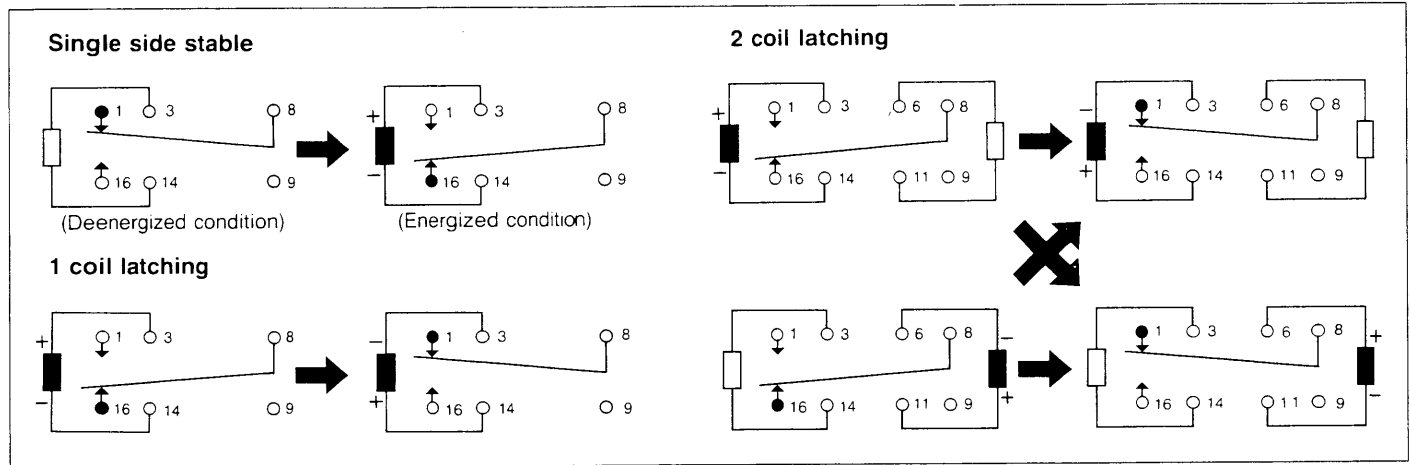
### TYPICAL APPLICATIONS

Telecommunications equipment, alarm devices, machine tools, NC machines, automatic warehouse control, conveyors, air-conditioners, pressing machines, textile machinery, elevators, control panels, pin-board programmers, parking meters, industrial robots, detectors, annunciators, optical instruments, business machine, time recorders, cash registers, copiers, vending machines, medical equipment.

# DIMENSIONS



# SCHEMATIC (Bottom view)



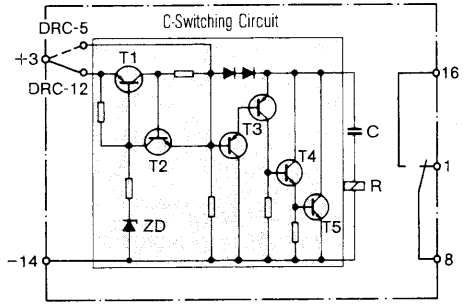
# DR-C POWER SAVING RELAYS

Rated voltage	$U_{pick\ up\ at\ +20^\circ C}$	$U_{permis\ at\ 40^\circ C}$	$U_{dropout}$
5*	4.5 (25°C) $\frac{du}{dt} > \frac{8V}{ms}$	7	2 (25°C) $\frac{du}{dt} > \frac{8V}{ms}$
12*	9 (25°C)	26	7.5 (25°C)

Advantages: No coil heating or thermo voltage, resulting in increased reliability of the relay and neighbouring components. Defined pick-up and drop-out values with negative temperature co-efficient of approximately 0.028 V/°C. Thus, for example, the DR-C-12 V picks up at 7.6 V at 75°C and at 9.8 V at -5°C.

By parallel switching a capacitor it is possible to achieve drop-out relays of approximately 0.15 s/μF with the DR-C-12 V.

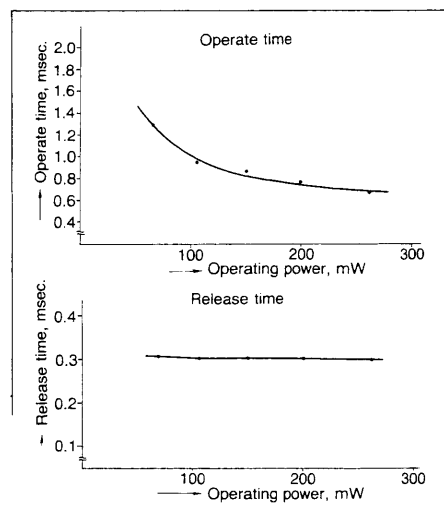
Attention! With the DR-C relay, as with the DR-L- and DR-L2- relays the position of the changeover contact is unknown. After the first control signal, the contact position is as shown in the diagram.



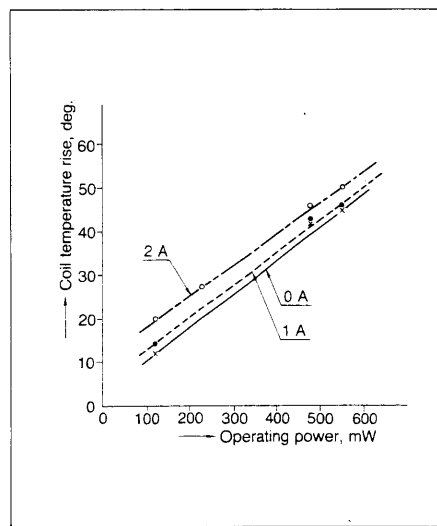
\* DR-C relays have an integrated C switching circuit. Thus, after the initial pick-up time of 0.5 ms, no significant current flows through the coil. Interruption of the coil voltage (eg on switch-off) allows the capacitor to discharge via the coil and trigger circuit, resetting the relay to its deenergised condition.

# DATA

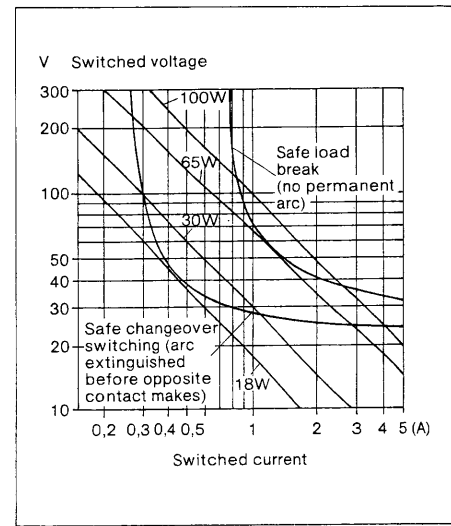
Operate and release time (Single side stable)



Coil temperature rise (Single side stable)

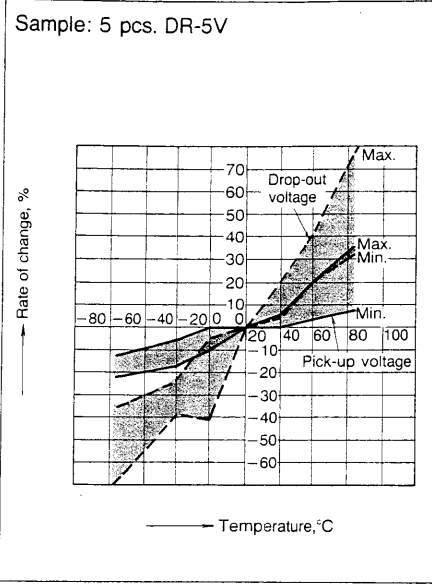


Load limit curves

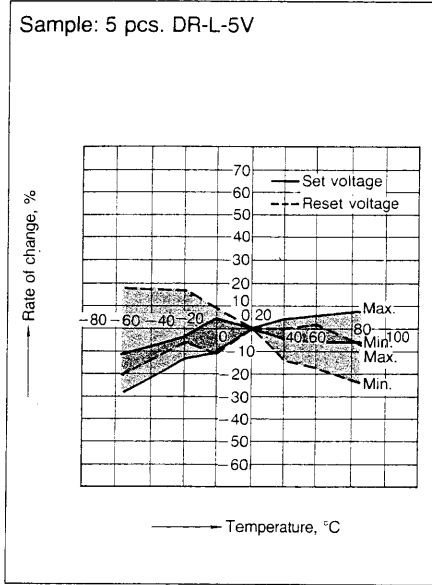




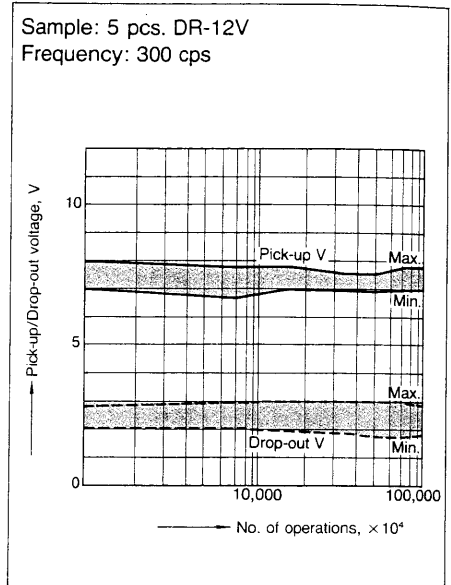
Pick-up/drop-out voltage vs. temperature (Single side stable)



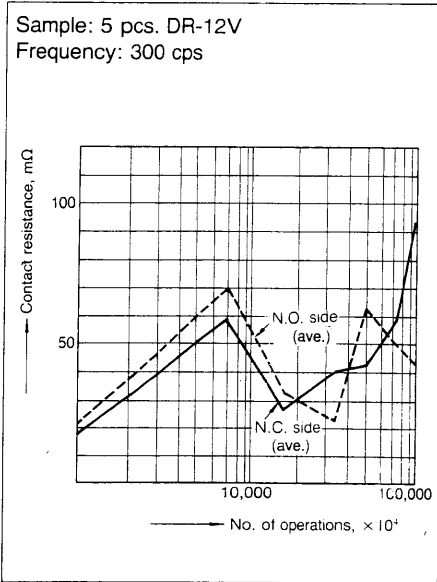
Pick-up/drop-out voltage vs. temperature (1-coil latching)



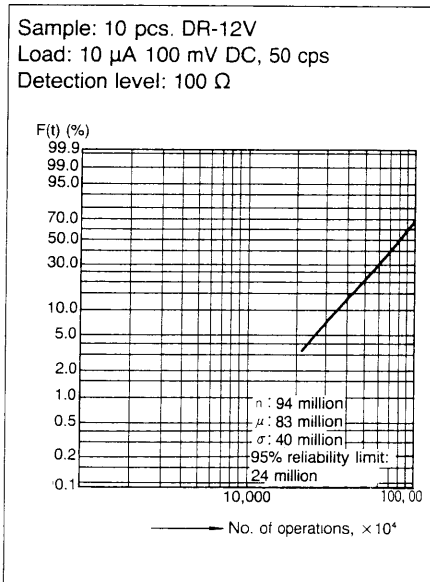
Mechanical life Change of pick-up and drop-out V



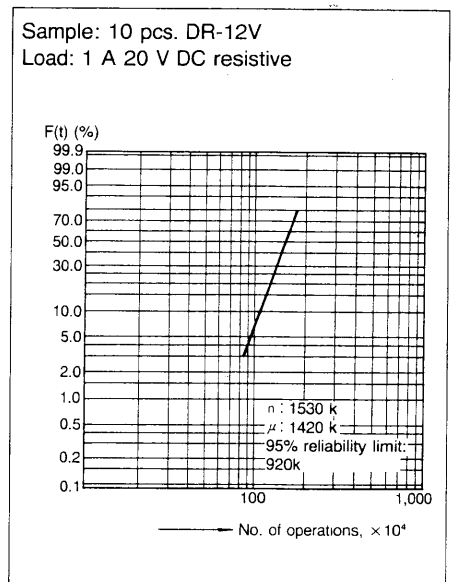
Mechanical life Change of contact resistance



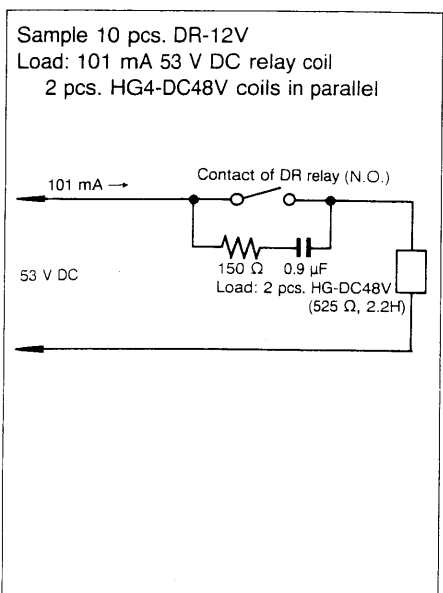
Contact reliability test



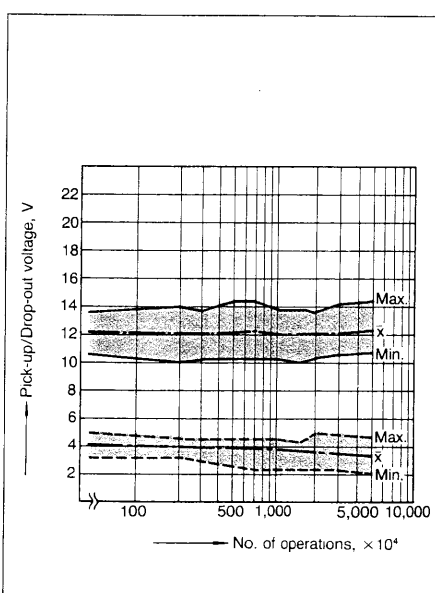
Electrical life



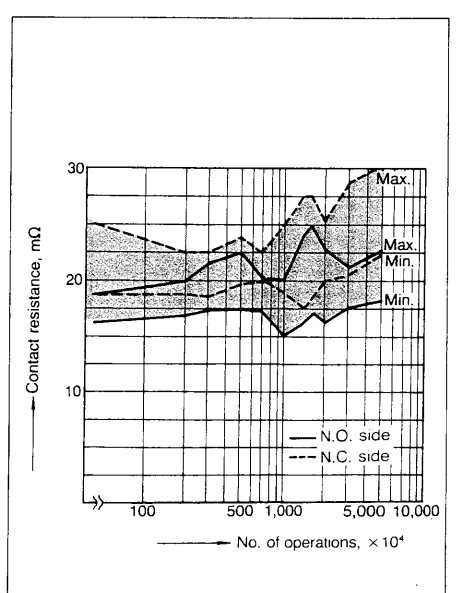
Electrical life test



Change of pick-up and drop-out voltage

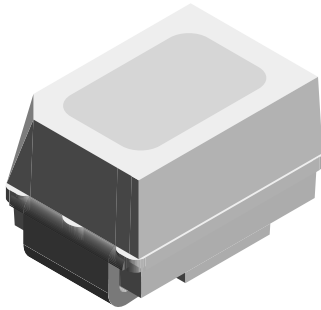


Change of contact resistance





## Power Mini SMD LED



19226

### DESCRIPTION

The new MiniLED series has been designed in a small white SMT package. The feature of the device is the very small package 2.3 mm x 1.3 mm x 1.4 mm. The MiniLED is an obvious solution for small-scale, high-power products that are expected to work reliably in an arduous environment. This is often the case in automotive and industrial application.

### PRODUCT GROUP AND PACKAGE DATA

- Product group: LED
- Product series: power
- Package: SMD MiniLED
- Angle of half intensity:  $\pm 60^\circ$

### FEATURES

- Utilizing latest advanced AllnGaP technology
- Available in 8 mm tape
- Luminous intensity and color categorized per packing unit
- Luminous intensity ratio per packing unit  $I_{Vmax}/I_{Vmin.} \leq 1.6$
- ESD-withstand voltage: Up to 2 kV according to JESD22-A114-B
- Preconditioning according to JEDEC® level 2a
- IR reflow soldering
- AEC-Q101 qualified
- Material categorization: For definitions of compliance please see [www.vishay.com/doc?99912](http://www.vishay.com/doc?99912)

 AUTOMOTIVE  
GRADE

**RoHS**  
COMPLIANT  
HALOGEN  
**FREE**  
**GREEN**  
(5-2008)

### APPLICATIONS

- Traffic signals and signs
- Interior and exterior lighting
- Dashboard illumination
- Indicator and backlighting purposes for audio, video, LCDs switches, symbols, illuminated advertising etc.

### PARTS TABLE

PART	COLOR	LUMINOUS INTENSITY (mcd)			at I <sub>F</sub> (mA)	WAVELENGTH (nm)			at I <sub>F</sub> (mA)	FORWARD VOLTAGE (V)			at I <sub>F</sub> (mA)	TECHNOLOGY
		MIN.	TYP.	MAX.		MIN.	TYP.	MAX.		MIN.	TYP.	MAX.		
VLMS234V2BA-GS08	Super red	900	1400	2240	50	626	630	639	50	1.9	2.2	2.8	50	AllnGaP on Si
VLMR234ABCA-GS08	Red	1400	2000	3550	50	619	625	631	50	1.9	2.2	2.8	50	AllnGaP on Si
VLMK234ABCA-GS08	Amber	1400	2500	3550	50	611	616	622	50	1.9	2.25	2.8	50	AllnGaP on Si
VLMY234ABCA-GS08	Yellow	1400	2000	3550	50	583	589	594	50	1.9	2.3	2.8	50	AllnGaP on Si

### ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS (T<sub>amb</sub> = 25 °C, unless otherwise specified) VLMS234.., VLMR234.., VLMK234.., VLMY234..

PARAMETER	TEST CONDITION	SYMBOL	VALUE	UNIT
Reverse voltage <sup>(1)</sup>	Short term application only	V <sub>R</sub>	5	V
DC Forward current	T <sub>amb</sub> ≤ 60 °C	I <sub>F</sub>	70	mA
Power dissipation		P <sub>V</sub>	200	mW
Junction temperature		T <sub>j</sub>	125	°C
Operating temperature range		T <sub>amb</sub>	-40 to +100	°C
Storage temperature range		T <sub>stg</sub>	-40 to +100	°C
Thermal resistance junction/ambient	Mounted on PC board (pad size > 16 mm <sup>2</sup> )	R <sub>thJA</sub>	325	K/W

#### Note

- <sup>(1)</sup> Driving the LED in reverse direction is suitable for a short term application only

**OPTICAL AND ELECTRICAL CHARACTERISTICS** ( $T_{amb} = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ , unless otherwise specified)  
**VLMS234.., SUPER RED**

PARAMETER	TEST CONDITION	PART	SYMBOL	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT
Luminous intensity	$I_F = 50\text{ mA}$	VLMS234V2BA	$I_V$	900	1400	2240	mcd
Luminous flux/luminous intensity			$\phi_V/I_V$	-	3	-	mlm/mcd
Dominant wavelength	$I_F = 50\text{ mA}$		$\lambda_d$	626	630	639	nm
Peak wavelength	$I_F = 50\text{ mA}$		$\lambda_p$	-	639	-	nm
Spectral bandwidth at 50 % $I_{rel\ max.}$	$I_F = 50\text{ mA}$		$\Delta\lambda$	-	18	-	nm
Angle of half intensity	$I_F = 50\text{ mA}$		$\varphi$	-	$\pm 60$	-	deg
Forward voltage	$I_F = 50\text{ mA}$		$V_F$	1.9	2.2	2.8	V
Reverse current	$V_R = 5\text{ V}$		$I_R$	-	0.01	10	$\mu\text{A}$

**OPTICAL AND ELECTRICAL CHARACTERISTICS** ( $T_{amb} = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ , unless otherwise specified)  
**VLMR234.., RED**

PARAMETER	TEST CONDITION	PART	SYMBOL	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT
Luminous intensity	$I_F = 50\text{ mA}$	VLMR234ABCA	$I_V$	1400	2000	3550	mcd
Luminous flux/luminous intensity			$\phi_V/I_V$	-	3	-	mlm/mcd
Dominant wavelength	$I_F = 50\text{ mA}$		$\lambda_d$	619	625	631	nm
Peak wavelength	$I_F = 50\text{ mA}$		$\lambda_p$	-	632	-	nm
Spectral bandwidth at 50 % $I_{rel\ max.}$	$I_F = 50\text{ mA}$		$\Delta\lambda$	-	18	-	nm
Angle of half intensity	$I_F = 50\text{ mA}$		$\varphi$	-	$\pm 60$	-	deg
Forward voltage	$I_F = 50\text{ mA}$		$V_F$	1.9	2.2	2.8	V
Reverse current	$V_R = 5\text{ V}$		$I_R$	-	0.01	10	$\mu\text{A}$

**OPTICAL AND ELECTRICAL CHARACTERISTICS** ( $T_{amb} = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ , unless otherwise specified)  
**VLKM234.., AMBER**

PARAMETER	TEST CONDITION	PART	SYMBOL	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT
Luminous intensity	$I_F = 50\text{ mA}$	VLKM234ABCA	$I_V$	1400	2500	3550	mcd
Luminous flux/luminous intensity			$\phi_V/I_V$	-	3	-	mlm/mcd
Dominant wavelength	$I_F = 50\text{ mA}$		$\lambda_d$	611	616	622	nm
Peak wavelength	$I_F = 50\text{ mA}$		$\lambda_p$	-	622	-	nm
Spectral bandwidth at 50 % $I_{rel\ max.}$	$I_F = 50\text{ mA}$		$\Delta\lambda$	-	18	-	nm
Angle of half intensity	$I_F = 50\text{ mA}$		$\varphi$	-	$\pm 60$	-	deg
Forward voltage	$I_F = 50\text{ mA}$		$V_F$	1.9	2.25	2.8	V
Reverse current	$V_R = 5\text{ V}$		$I_R$	-	0.01	10	$\mu\text{A}$

**OPTICAL AND ELECTRICAL CHARACTERISTICS** ( $T_{amb} = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ , unless otherwise specified)  
**VLMY234.., YELLOW**

PARAMETER	TEST CONDITION	PART	SYMBOL	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT
Luminous intensity	$I_F = 50\text{ mA}$	VLMY234ABCA	$I_V$	1400	2000	3550	mcd
Luminous flux/luminous intensity			$\phi_V/I_V$	-	3	-	mlm/mcd
Dominant wavelength	$I_F = 50\text{ mA}$		$\lambda_d$	583	589	594	nm
Peak wavelength	$I_F = 50\text{ mA}$		$\lambda_p$	-	591	-	nm
Spectral bandwidth at 50 % $I_{rel\ max.}$	$I_F = 50\text{ mA}$		$\Delta\lambda$		17		nm
Angle of half intensity	$I_F = 50\text{ mA}$		$\varphi$		$\pm 60$		deg
Forward voltage	$I_F = 50\text{ mA}$		$V_F$	1.9	2.3	2.8	V
Reverse current	$V_R = 5\text{ V}$		$I_R$		0.01	10	$\mu\text{A}$

COLOR CLASSIFICATION				
GROUP	DOMINANT WAVELENGTH (nm)			
	AMBER		YELLOW	
	MIN.	MAX.	MIN.	MAX.
1	611	618		
2	614	622	583	586
3			585	588
4			587	590
5			589	592
6			591	594

**Note**

- Wavelengths are tested at a current pulse duration of 25 ms.

LUMINOUS INTENSITY CLASSIFICATION		
GROUP	LUMINOUS INTENSITY (mcd)	
	MIN.	MAX.
STANDARD		
V2	900	1120
AA	1120	1400
AB	1400	1800
BA	1800	2240
BB	2400	2800
CA	2800	3550

CROSSING TABLE	
VISHAY	OSRAM
VLMS234V2BA	LS M67F-S2U2-1
VLMY234ABCA	LY M67F-T2V2-36

**Note**

- Luminous intensity is tested at a current pulse duration of 25 ms and an accuracy of  $\pm 11\%$ .  
The above type numbers represent the order groups which include only a few brightness groups. Only one group will be shipped on each reel (there will be no mixing of two groups on each reel).  
In order to ensure availability, single brightness groups will not be orderable.  
In a similar manner for colors where wavelength groups are measured and binned, single wavelength groups will be shipped on any one reel.  
In order to ensure availability, single wavelength groups will not be orderable.

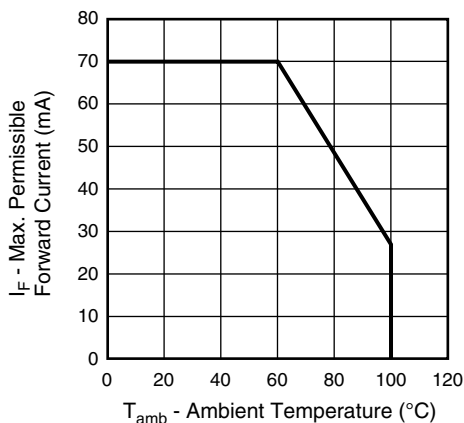
**TYPICAL CHARACTERISTICS** ( $T_{amb} = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ , unless otherwise specified)


Fig. 1 - Maximum Permissible Forward Current vs. Ambient Temperature

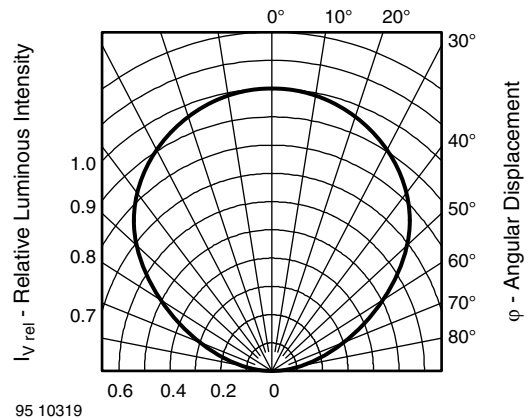


Fig. 2 - Relative Luminous Intensity vs. Angular Displacement

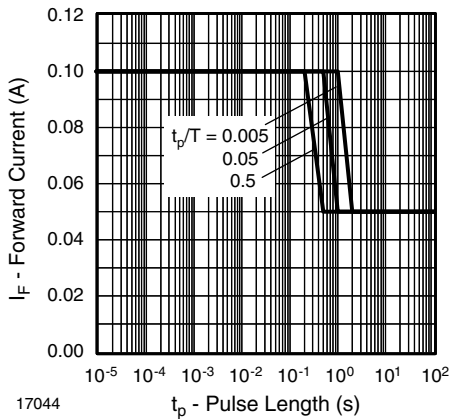


Fig. 3 - Forward Current vs. Pulse Length

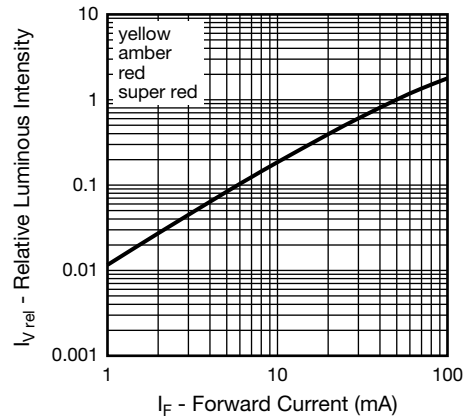


Fig. 6 - Relative Luminous Intensity vs. Forward Current

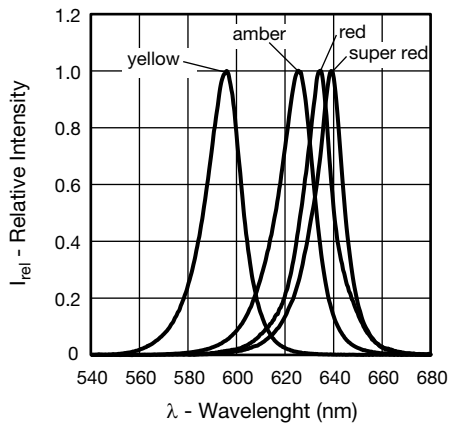


Fig. 4 - Relative Intensity vs. Wavelength

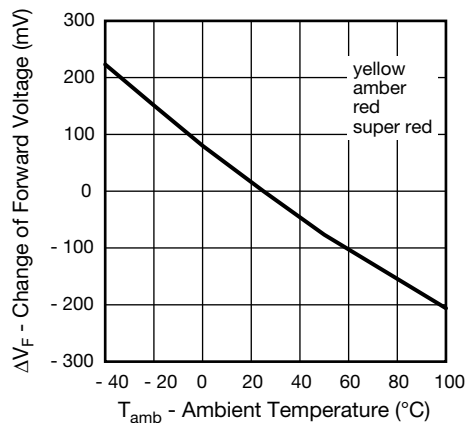


Fig. 7 - Change of Forward Voltage vs. Ambient Temperature

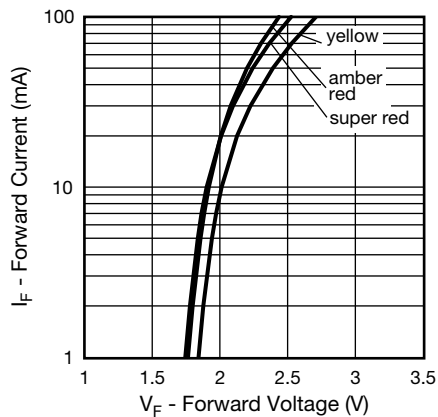


Fig. 5 - Forward Current vs. Forward Voltage

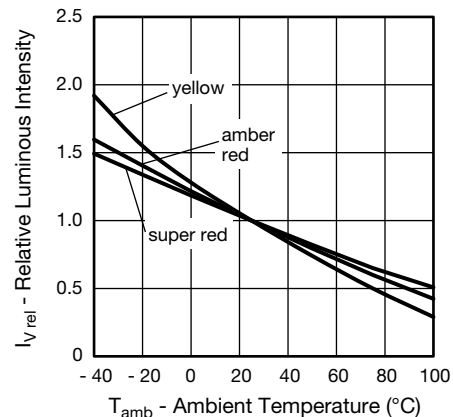


Fig. 8 - Relative Luminous Intensity vs. Ambient Temperature

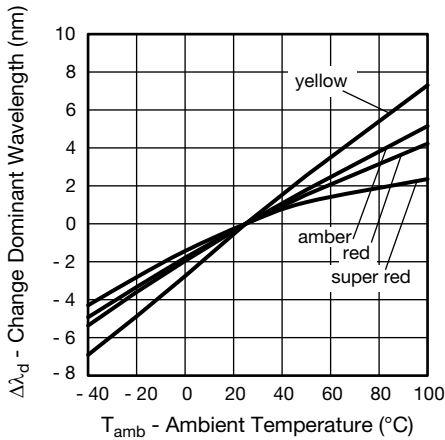
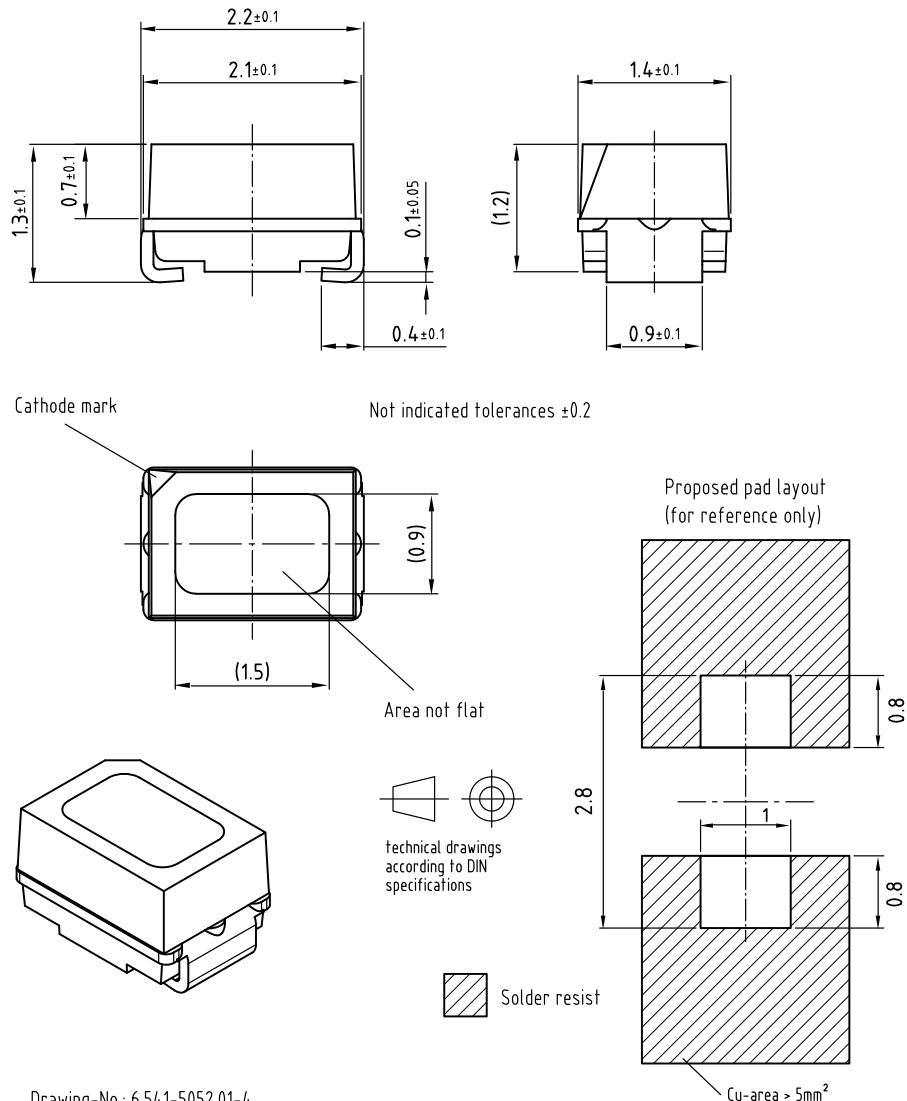


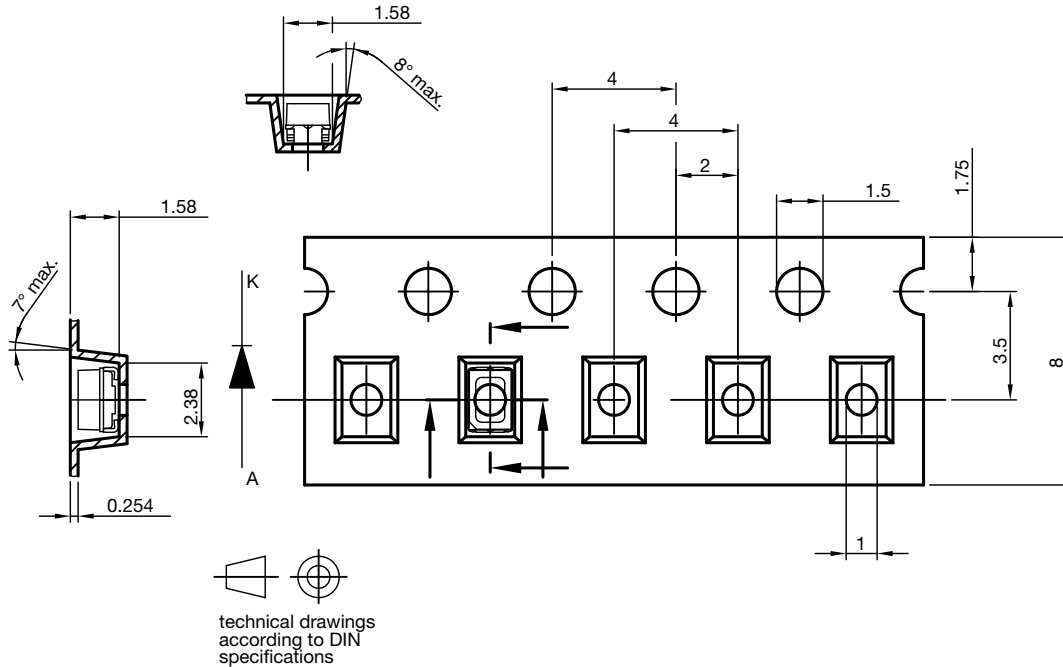
Fig. 9 - Change of Dominant Wavelength vs. Ambient Temperature

**PACKAGE DIMENSIONS** in millimeters



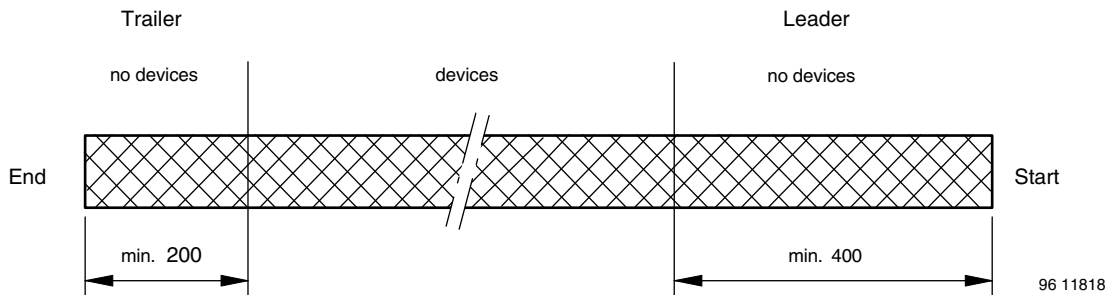
Drawing-No.: 6.541-5052.01-4  
 Issue: 3; 22.04.03  
 16892

**TAPE DIMENSIONS** in millimeters



Drawing refers to following types: Mini SMD LED VLM. 233.  
 Drawing-No.: 9.700-5381.01-4  
 Issue: 1; 15.07.11  
 22585

**LEADER AND TRAILER DIMENSIONS** in millimeters



GS08 = 3000 pcs

**COVER TAPE PEEL STRENGTH**

According to DIN EN 60286-3  
 0.1 N to 1.3 N  
 300 ± 10 mm/min  
 165° to 180° peel angle

**LABEL**

**Standard bar code labels for finished goods**

The standard bar code labels are product labels and used for identification of goods. The finished goods are packed in final packing area. The standard packing units are labeled with standard bar code labels before transported as finished goods to warehouses. The labels are on each packing unit and contain Vishay Semiconductor GmbH specific data.



**SOLDERING PROFILE**

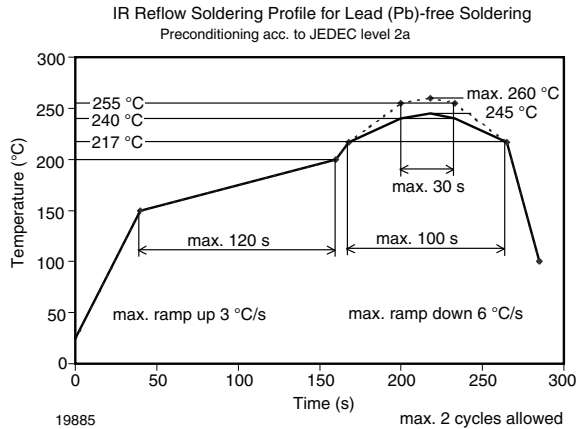
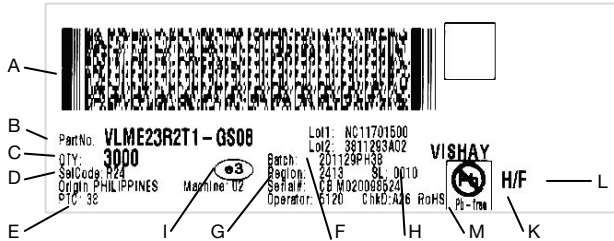


Fig. 10 - Vishay Lead (Pb)-free Reflow Soldering Profile (acc. to J-STD-020)

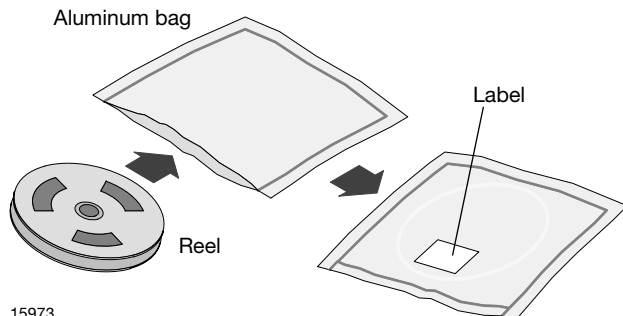
**BAR CODE PRODUCT LABEL (example)**



- A. 2D barcode
- B. PartNo = Vishay part number
- C. QTY = Quantity
- D. SelCode = selection code (binning)
- E. PTC = Code of manufacturing plant
- F. Batch = date code: year/week/plant code
- G. Region code
- H. SL = sales location
- I. Terminations finishing
- K. Lead (Pb)-free symbol
- L. Halogen-free symbol
- M. RoHS symbol

**DRY PACKING**

The reel is packed in an anti-humidity bag to protect the devices from absorbing moisture during transportation and storage.



15973

**FINAL PACKING**

The sealed reel is packed into a cardboard box. A secondary cardboard box is used for shipping purposes.

**RECOMMENDED METHOD OF STORAGE**

Dry box storage is recommended as soon as the aluminum bag has been opened to prevent moisture absorption. The following conditions should be observed, if dry boxes are not available:

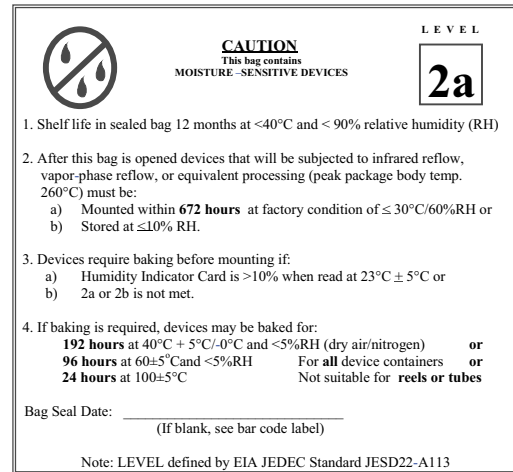
- Storage temperature 10 °C to 30 °C
- Storage humidity ≤ 60 % RH max.

After more than 672 h under these conditions moisture content will be too high for reflow soldering.

In case of moisture absorption, the devices will recover to the former condition by drying under the following condition:

- 192 h at 40 °C + 5 °C/- 0 °C and < 5 % RH (dry air/nitrogen) or
- 96 h at 60 °C + 5 °C and < 5 % RH for all device containers or
- 24 h at 100 °C + 5 °C not suitable for reel or tubes.

An EIA JEDEC standard JESD22-A112 level 2a label is included on all dry bags.



Example of JESD22-A112 level 2a label

**ESD PRECAUTION**

Proper storage and handling procedures should be followed to prevent ESD damage to the devices especially when they are removed from the antistatic shielding bag. Electrostatic sensitive devices warning labels are on the packaging.

**VISHAY SEMICONDUCTORS STANDARD BAR CODE LABEL**

The Vishay Semiconductors standard bar code labels are printed at final packing areas. The labels are on each packing unit and contain Vishay Semiconductors specific data.



## Disclaimer

ALL PRODUCT, PRODUCT SPECIFICATIONS AND DATA ARE SUBJECT TO CHANGE WITHOUT NOTICE TO IMPROVE RELIABILITY, FUNCTION OR DESIGN OR OTHERWISE.

Vishay Intertechnology, Inc., its affiliates, agents, and employees, and all persons acting on its or their behalf (collectively, "Vishay"), disclaim any and all liability for any errors, inaccuracies or incompleteness contained in any datasheet or in any other disclosure relating to any product.

Vishay makes no warranty, representation or guarantee regarding the suitability of the products for any particular purpose or the continuing production of any product. To the maximum extent permitted by applicable law, Vishay disclaims (i) any and all liability arising out of the application or use of any product, (ii) any and all liability, including without limitation special, consequential or incidental damages, and (iii) any and all implied warranties, including warranties of fitness for particular purpose, non-infringement and merchantability.

Statements regarding the suitability of products for certain types of applications are based on Vishay's knowledge of typical requirements that are often placed on Vishay products in generic applications. Such statements are not binding statements about the suitability of products for a particular application. It is the customer's responsibility to validate that a particular product with the properties described in the product specification is suitable for use in a particular application. Parameters provided in datasheets and/or specifications may vary in different applications and performance may vary over time. All operating parameters, including typical parameters, must be validated for each customer application by the customer's technical experts. Product specifications do not expand or otherwise modify Vishay's terms and conditions of purchase, including but not limited to the warranty expressed therein.

Except as expressly indicated in writing, Vishay products are not designed for use in medical, life-saving, or life-sustaining applications or for any other application in which the failure of the Vishay product could result in personal injury or death. Customers using or selling Vishay products not expressly indicated for use in such applications do so at their own risk. Please contact authorized Vishay personnel to obtain written terms and conditions regarding products designed for such applications.

No license, express or implied, by estoppel or otherwise, to any intellectual property rights is granted by this document or by any conduct of Vishay. Product names and markings noted herein may be trademarks of their respective owners.

## Material Category Policy

**Vishay Intertechnology, Inc. hereby certifies that all its products that are identified as RoHS-Compliant fulfill the definitions and restrictions defined under Directive 2011/65/EU of The European Parliament and of the Council of June 8, 2011 on the restriction of the use of certain hazardous substances in electrical and electronic equipment (EEE) - recast, unless otherwise specified as non-compliant.**

**Please note that some Vishay documentation may still make reference to RoHS Directive 2002/95/EC. We confirm that all the products identified as being compliant to Directive 2002/95/EC conform to Directive 2011/65/EU.**

**Vishay Intertechnology, Inc. hereby certifies that all its products that are identified as Halogen-Free follow Halogen-Free requirements as per JEDEC JS709A standards. Please note that some Vishay documentation may still make reference to the IEC 61249-2-21 definition. We confirm that all the products identified as being compliant to IEC 61249-2-21 conform to JEDEC JS709A standards.**

# Surface Mount Fuses

## Subminiature Surface Mount

### RoHS NANO<sup>2</sup>® FUSE Very Fast-Acting 451/453 Series



The Nano<sup>2</sup> SMF Fuse is a very small, square surface mount fuse that is also available in a surface mount holder.

- 451 Series **RoHS Compliant** version now available, use ordering suffix 'L' (see example on data sheet).

#### ELECTRICAL CHARACTERISTICS:

% of Ampere Rating	Ampere Rating	Opening Time
100%	1/16–15	4 hours, <b>Minimum</b>
200%	1/16–10	5 seconds, <b>Maximum</b>
	12–15	20 seconds, <b>Maximum</b>

**AGENCY APPROVALS:** Recognized under the Components Program of Underwriters Laboratories and Certified by CSA. Approved by METI from 1 through 5 amperes.

**AGENCY FILE NUMBERS:** UL E10480, CSA LR 29862.

#### INTERRUPTING RATINGS:

- 1/16 – 8A 50 amperes at 125 VAC/VDC  
300 amperes at 32 VDC
- 10A 35 amperes at 125 VAC/50 amperes at 125 VDC  
300 amperes at 32 VDC
- 12A – 15A 50 amperes at 65 VAC/VDC  
300 amperes at 24 VDC

#### ENVIRONMENTAL SPECIFICATIONS:

**Operating Temperature:** –55°C to 125°C.

**Shock:** MIL-STD-202, Method 213, Test Condition I (100 G's peak for 6 milliseconds).

**Vibration:** MIL-STD-202, Method 201 (10–55 Hz).

**Salt Spray:** MIL-STD-202, Method 101, Test Condition B.

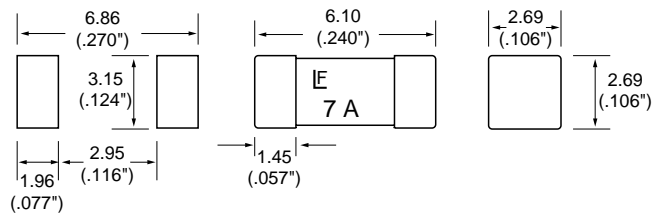
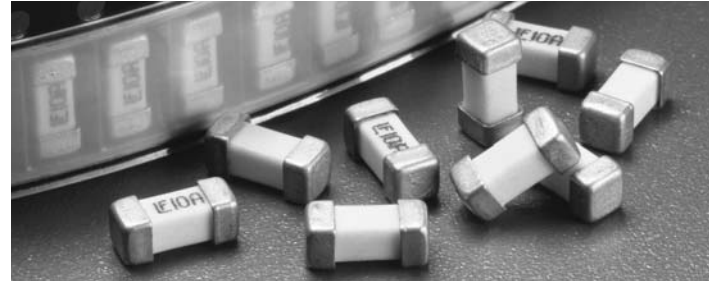
**Insulation Resistance (After Opening):** MIL-STD-202, Method 302, Test Condition A, (10,000 ohms minimum).

**Resistance to Soldering Heat:** MIL-STD-202, Method 210, Test Condition B (10 sec. at 260°C).

**Thermal Shock:** MIL-STD-202, Method 107, Test Condition B (–65 to 125°C).

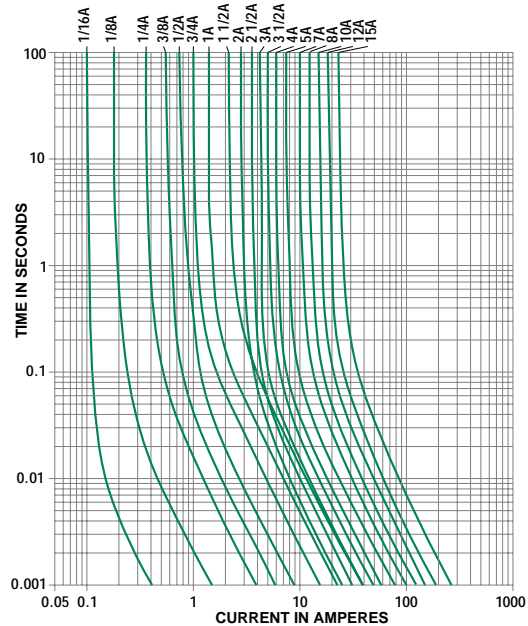
**Moisture Resistance:** MIL-STD-202, Method 106, High Humidity (90-98 RH), Heat (65°C).

Tin-Lead Plated Catalog #	Silver Plated Catalog #	Ampere Rating	Voltage Rating	Nominal Resistance Cold Ohms	Nominal Melting I <sup>2</sup> t A <sup>2</sup> Sec.
–	0451.062	0.062	125	5.50	0.00019
–	0451.080	0.080	125	4.05	0.00033
–	0451.100	0.100	125	3.10	0.00138
–	0451.125	0.125	125	1.70	0.00286
0451.160	0453.160	0.160	125	1.80	0.00306
0451.200	0453.200	0.200	125	1.40	0.00652
0451.250	0453.250	0.250	125	1.05	0.01126
0451.315	0453.315	0.315	125	0.78	0.0231
0451.375	0453.375	0.375	125	0.610	0.0425
0451.400	0453.400	0.400	125	0.560	0.0484
0451.500	0453.500	0.500	125	0.420	0.0795
0451.630	0453.630	0.630	125	0.305	0.143
0451.750	0453.750	0.750	125	0.245	0.185
0451.800	0453.800	0.800	125	0.212	0.271
0451.001.	0453.001.	1.0	125	0.153	0.459
0451 1.25	0453 1.25	1.25	125	0.0780	0.664
0451 01.5	0453 01.5	1.5	125	0.0630	0.853
0451 01.6	0453 01.6	1.6	125	0.0580	1.060
0451 002.	0453 002.	2.0	125	0.0367	0.530
0451 02.5	0453 02.5	2.5	125	0.0286	1.029
0451 003.	0453 003.	3.0	125	0.0227	1.650
0451 3.15	0453 3.15	3.15	125	0.0215	1.920
0451 03.5	0453 03.5	3.5	125	0.0200	2.469
0451 004.	0453 004.	4	125	0.0160	3.152
0451 005.	0453 005.	5	125	0.0125	5.566
0451 06.3	0453 06.3	6.3	125	0.0096	9.17
0451 007.	0453 007.	7	125	0.0090	10.32
0451 008.	0453 008.	8	125	0.0077	20.23
0451 010.	0453 010.	10	125	0.0056	26.46
0451 012.	0453 012.	12	65	0.0049	47.97
0451 015.	0453 015.	15	65	0.0037	97.82



Recommended pad layout

#### Average Time Current Curves



#### PHYSICAL SPECIFICATIONS:

**Materials:** Body: Ceramic  
Terminations: Tin-Lead Alloy  
RoHS Compliant Terminations: Gold over Nickel Plated Caps(451)  
Silver Plated Caps(453)

#### Soldering Parameters(see page 3 for typical soldering profile):

- Wave Solder — 260°C, 10 seconds maximum
- Reflow Solder — 260°C, 30 seconds maximum

**Solderability:** MIL-STD-202, Method 208.

**PACKAGING SPECIFICATIONS:** 12mm Tape and Reel per EIA-RS481-1 (IEC 286, part3); 1,000 pieces per reel, add packaging suffix, MR; 5,000 per reel, add packaging suffix NR.

**Options:** For RoHS Compliant 451 series add the letter 'L' to end of packaging suffix. Example: R451001.MRL (RoHS Compliant 1A, 1,000 per reel).

#### PATENTED

Refer to pg. 374 for SMF Omni-Blok® Holder, Series 154 000.



## Long-stroke Tactile Switch (SMT)

## B3AL

### Long-stroke Tactile Switches with High Operating Forces and Long Life.

- High operating force also providing long life.  
(OF = 3.5 N {357 gf}, Durability = 1 million operations)
- Long stroke achieved by using a rubber plunger.

RoHS Compliant



### ■ Model Number Legend

B3AL-100□□  
1 2

#### 1. Operating Force (OF)

Symbol	Meaning
0	1.96 N {200 gf}
1	2.45 N {250 gf}
2	3.00 N {306 gf}
3	3.50 N {357 gf}

#### 2. Packaging

Symbol	Meaning
blank	Bag
P	Embossed tape

### ■ List of Models / Operating Characteristics

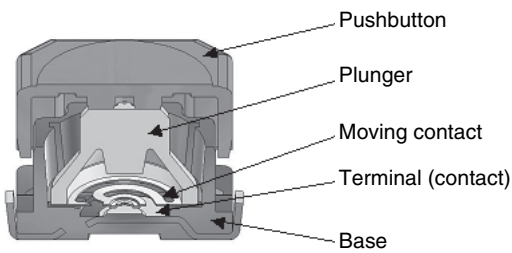
Model	B3AL-1000P	B3AL-1001P	B3AL-1002P	B3AL-1003P
<b>Color of pushbutton</b>	Red	Green	Black	White (Milky-white)
<b>Operating force (OF)</b>	1.96±0.59 N {200±60 gf}	2.45±0.69 N {250±70 gf}	3.00±0.90 N {306±92 gf}	3.50±1.05 N {357±107 gf}
<b>Releasing force (RF)</b>	0.24 N {24 gf} min.	0.49 N {50 gf} min.	0.60 N {61 gf} min.	0.70 N {71 gf} min.
<b>Pretravel (PT)</b>	1.3 <sup>+0.3</sup> / <sub>-0.3</sub> mm			
<b>Minimum order unit</b>	1,400 pcs			

**Note:** Order in multiple of the minimum order unit.

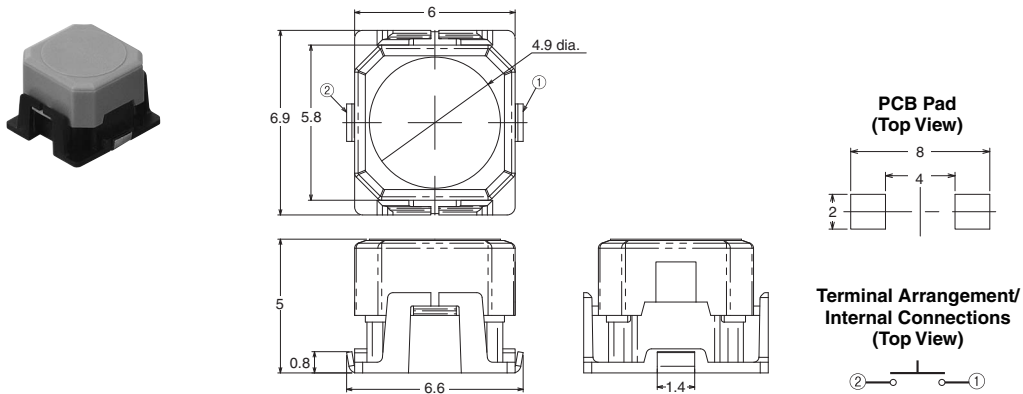
■ Ratings / Characteristics

Ratings	1 to 50 mA at 5 to 16 VDC (resistive load)
Ambient operating temperature	-40°C to +90°C at 60%RH max. (with no icing or condensation)
Ambient operating humidity	35% to 85% (at +5 to +35 °C)
Contact configuration	SPST-NO
Contact resistance	100 mΩ max.
Insulation resistance	100 MΩ min. (at 100 VDC)
Dielectric strength	250 VAC, 50/60 Hz for 1 min
Bounce time	5 ms max. (The center of the plunger is pressed at a speed of 3 or 4 times per second.)
Vibration resistance	Malfunction: 10 to 55 Hz, 1.5-mm double amplitude
Shock resistance	Destruction: 1,000 m/s <sup>2</sup> max. Malfunction: 100 m/s <sup>2</sup> max.
Durability	1,000,000 operations min.
Weight	Approx. 0.18 g

■ Model Structure



■ Dimensions (Unit: mm)



**Note:** Unless otherwise specified, a tolerance of ±0.4 mm applies to all dimensions. No terminal numbers are indicated on the Switches.

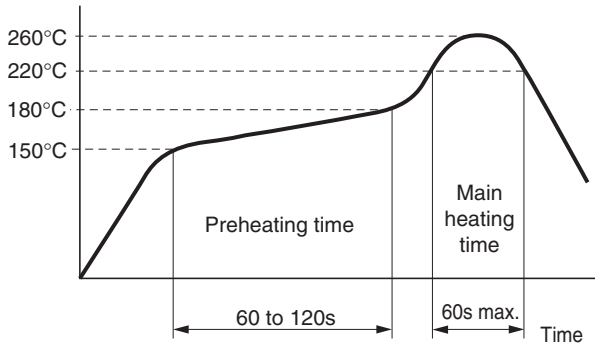
**■ Precautions**

**Note:** Be sure to read the precautions common to all Tactile Switches for correct use.

**■ Precautions for Correct Use**

**soldering**

Do not exceed the following terminal temperature profile during soldering in a reflow oven.

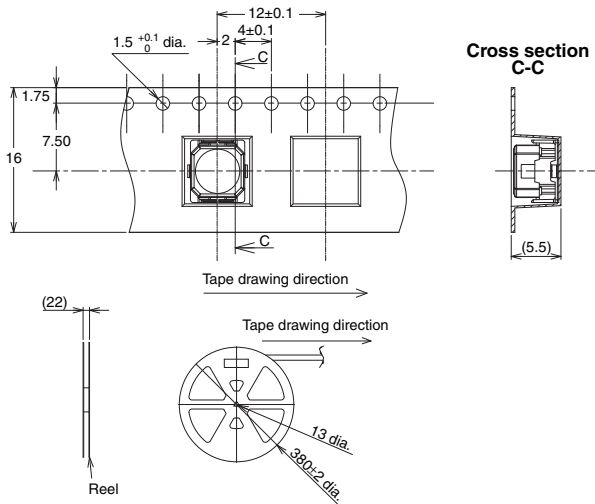


**Washing**

The Switches are not sealed, and cannot be washed. Doing so will cause the washing agent, together with flux or dust particles on the PCB, to enter the Switch, resulting in malfunction.

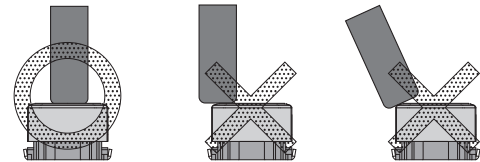
**Packaging Specifications**

The packaging specifications for B3AL Switches in embossed taping are given below.



**Operation**

- Do not repeatedly operate the Switch with excessive force. Applying excessive pressure or applying additional force after the plunger has stopped may deform the disk spring of the Switch, resulting in malfunction.
- Be sure to set up the Switch so that the plunger will operate in a straight vertical line. If the plunger is pressed off-center or from an angle it may cause deformation or damage to some parts.
- We recommend using a round bar with a diameter of at least 3 mm as the actuator.



**Dust Countermeasures**

Do not mount or use the Switch in areas that are subject to dust. If dust is unavoidable, protect the Switch with a sheet or other countermeasure.

**Water and Drip Resistance**

The switch is not water or drip resistant. Do not use it in locations subject to water.

• Application examples provided in this document are for reference only. In actual applications, confirm equipment functions and safety before using the product.  
 • Consult your OMRON representative before using the product under conditions which are not described in the manual or applying the product to nuclear control systems, railroad systems, aviation systems, vehicles, combustion systems, medical equipment, amusement machines, safety equipment, and other systems or equipment that may have a serious influence on lives and property if used improperly. Make sure that the ratings and performance characteristics of the product provide a margin of safety for the system or equipment, and be sure to provide the system or equipment with double safety mechanisms.

**Note: Do not use this document to operate the Unit.**







## Single-Supply, 10MHz, Rail-to-Rail Output, Low-Noise, JFET Amplifier

 Check for Samples: [OPA141](#), [OPA2141](#), [OPA4141](#)

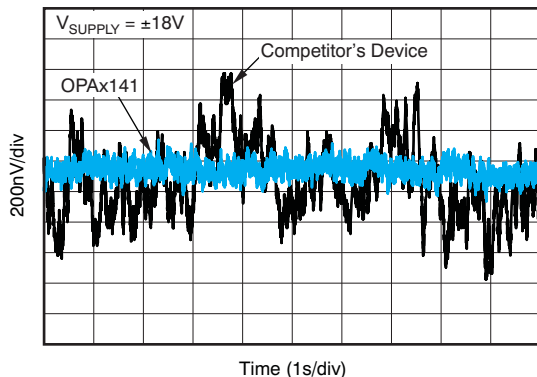
### FEATURES

- **Low Supply Current:** 2.3mA max
- **Low Offset Drift:** 10 $\mu$ V/ $^{\circ}$ C max
- **Low Input Bias Current:** 20pA max
- **Very Low 1/f Noise:** 250nV<sub>PP</sub>
- **Low Noise:** 6.5nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$
- **Wide Bandwidth:** 10MHz
- **Slew Rate:** 20V/ $\mu$ s
- **Input Voltage Range Includes V<sub>-</sub>**
- **Rail-to-Rail Output**
- **Single-Supply Operation:** 4.5V to 36V
- **Dual-Supply Operation:**  $\pm$ 2.25V to  $\pm$ 18V
- **No Phase Reversal**
- **MSOP-8, TSSOP Packages**

### APPLICATIONS

- **Battery-Powered Instruments**
- **Industrial Controls**
- **Medical Instrumentation**
- **Photodiode Amplifiers**
- **Active Filters**
- **Data Acquisition Systems**
- **Portable Audio**
- **Automatic Test Systems**

#### 0.1Hz to 10Hz NOISE



### DESCRIPTION

The OPA141, OPA2141, and OPA4141 amplifier family is a series of low-power JFET input amplifiers that feature good drift and low input bias current. The rail-to-rail output swing and input range that includes V<sub>-</sub> allow designers to take advantage of the low-noise characteristics of JFET amplifiers while also interfacing to modern, single-supply, precision analog-to-digital converters (ADCs) and digital-to-analog converters (DACs).

The OPA141 achieves 10MHz unity-gain bandwidth and 20V/ $\mu$ s slew rate while consuming only 1.8mA (typ) of quiescent current. It runs on a single 4.5 to 36V supply or dual  $\pm$ 2.25V to  $\pm$ 18V supplies.

All versions are fully specified from  $-40^{\circ}\text{C}$  to  $+125^{\circ}\text{C}$  for use in the most challenging environments. The OPA141 (single) and OPA2141 (dual) versions are available in both MSOP-8 and SO-8 packages; the OPA4141 (quad) is available in the SO-14 and TSSOP-14 packages.

### RELATED PRODUCTS

FEATURES	PRODUCT
Precision, Low-Power, 10MHz FET Input Industrial Op Amp	OPA140 <sup>(1)</sup>
2.2nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$ , Low-Power, 36V Operational Amplifier in SOT-23 Package	OPA209 <sup>(1)</sup>
Low-Noise, High-Precision, JFET-Input Operational Amplifier	<a href="#">OPA827</a>
Low-Noise, Low I <sub>Q</sub> Precision Operational Amplifier	<a href="#">OPA376</a>
High-Speed, FET-Input Operational Amplifier	<a href="#">OPA132</a>

1. Preview product; estimated availability in Q3 2010.



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.

All trademarks are the property of their respective owners.



This integrated circuit can be damaged by ESD. Texas Instruments recommends that all integrated circuits be handled with appropriate precautions. Failure to observe proper handling and installation procedures can cause damage.

ESD damage can range from subtle performance degradation to complete device failure. Precision integrated circuits may be more susceptible to damage because very small parametric changes could cause the device not to meet its published specifications.

## ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS<sup>(1)</sup>

Over operating free-air temperature range (unless otherwise noted).

		VALUE	UNIT
Supply Voltage		±20	V
Signal Input Terminals	Voltage <sup>(2)</sup>	(V–) –0.5 to (V+) +0.5	V
	Current <sup>(2)</sup>	±10	mA
Output Short-Circuit <sup>(3)</sup>		Continuous	
Operating Temperature, T <sub>A</sub>		–55 to +150	°C
Storage Temperature, T <sub>A</sub>		–65 to +150	°C
Junction Temperature, T <sub>J</sub>		+150	°C
ESD Ratings	Human Body Model (HBM)	2000	V
	Charged Device Model (CDM)	500	V

- (1) Stresses above these ratings may cause permanent damage. Exposure to absolute maximum conditions for extended periods may degrade device reliability. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those specified is not supported.
- (2) Input terminals are diode-clamped to the power-supply rails. Input signals that can swing more than 0.5V beyond the supply rails should be current limited to 10 mA or less.
- (3) Short-circuit to V<sub>S</sub>/2 (ground in symmetrical dual-supply setups), one amplifier per package.

## PACKAGE INFORMATION<sup>(1)</sup>

PRODUCT	PACKAGE-LEAD	PACKAGE DESIGNATOR	PACKAGE MARKING
OPA141	SO-8	D	O141A
	MSOP-8	DGK	141
OPA2141	SO-8	D	O2141A
	MSOP-8	DGK	2141
OPA4141	TSSOP-14	PW	O4141A
	SO-14	D	O4141AG4

- (1) For the most current package and ordering information see the Package Option Addendum at the end of this document, or visit the device product folder at [www.ti.com](http://www.ti.com).

**THERMAL INFORMATION**

THERMAL METRIC		OPA141, OPA2141	OPA141, OPA2141	UNITS
		D (SO)	DGK (MSOP) <sup>(1)</sup>	
		8	8	
$\theta_{JA}$	Junction-to-ambient thermal resistance <sup>(2)</sup>	160	180	°C/W
$\theta_{JC(top)}$	Junction-to-case(top) thermal resistance <sup>(3)</sup>	75	55	
$\theta_{JB}$	Junction-to-board thermal resistance <sup>(4)</sup>	60	130	
$\psi_{JT}$	Junction-to-top characterization parameter <sup>(5)</sup>	9	n/a	
$\psi_{JB}$	Junction-to-board characterization parameter <sup>(6)</sup>	50	120	
$\theta_{JC(bottom)}$	Junction-to-case(bottom) thermal resistance <sup>(7)</sup>	n/a	n/a	

- (1) For more information about traditional and new thermal metrics, see the *IC Package Thermal Metrics* application report, [SPRA953](#).
- (2) The junction-to-ambient thermal resistance under natural convection is obtained in a simulation on a JEDEC-standard, high-K board, as specified in JESD51-7, in an environment described in JESD51-2a.
- (3) The junction-to-case (top) thermal resistance is obtained by simulating a cold plate test on the package top. No specific JEDEC-standard test exists, but a close description can be found in the ANSI SEMI standard G30-88.
- (4) The junction-to-board thermal resistance is obtained by simulating in an environment with a ring cold plate fixture to control the PCB temperature, as described in JESD51-8.
- (5) The junction-to-top characterization parameter,  $\psi_{JT}$ , estimates the junction temperature of a device in a real system and is extracted from the simulation data for obtaining  $\theta_{JA}$ , using a procedure described in JESD51-2a (sections 6 and 7).
- (6) The junction-to-board characterization parameter,  $\psi_{JB}$ , estimates the junction temperature of a device in a real system and is extracted from the simulation data for obtaining  $\theta_{JA}$ , using a procedure described in JESD51-2a (sections 6 and 7).
- (7) The junction-to-case (bottom) thermal resistance is obtained by simulating a cold plate test on the exposed (power) pad. No specific JEDEC standard test exists, but a close description can be found in the ANSI SEMI standard G30-88.

**THERMAL INFORMATION**

THERMAL METRIC		OPA4141	OPA4141	UNITS
		D (SO)	PW (TSSOP) <sup>(1)</sup>	
		14	14	
$\theta_{JA}$	Junction-to-ambient thermal resistance <sup>(2)</sup>	97	135	°C/W
$\theta_{JC(top)}$	Junction-to-case(top) thermal resistance <sup>(3)</sup>	56	45	
$\theta_{JB}$	Junction-to-board thermal resistance <sup>(4)</sup>	53	66	
$\psi_{JT}$	Junction-to-top characterization parameter <sup>(5)</sup>	19	n/a	
$\psi_{JB}$	Junction-to-board characterization parameter <sup>(6)</sup>	46	60	
$\theta_{JC(bottom)}$	Junction-to-case(bottom) thermal resistance <sup>(7)</sup>	n/a	n/a	

- (1) For more information about traditional and new thermal metrics, see the *IC Package Thermal Metrics* application report, [SPRA953](#).
- (2) The junction-to-ambient thermal resistance under natural convection is obtained in a simulation on a JEDEC-standard, high-K board, as specified in JESD51-7, in an environment described in JESD51-2a.
- (3) The junction-to-case (top) thermal resistance is obtained by simulating a cold plate test on the package top. No specific JEDEC-standard test exists, but a close description can be found in the ANSI SEMI standard G30-88.
- (4) The junction-to-board thermal resistance is obtained by simulating in an environment with a ring cold plate fixture to control the PCB temperature, as described in JESD51-8.
- (5) The junction-to-top characterization parameter,  $\psi_{JT}$ , estimates the junction temperature of a device in a real system and is extracted from the simulation data for obtaining  $\theta_{JA}$ , using a procedure described in JESD51-2a (sections 6 and 7).
- (6) The junction-to-board characterization parameter,  $\psi_{JB}$ , estimates the junction temperature of a device in a real system and is extracted from the simulation data for obtaining  $\theta_{JA}$ , using a procedure described in JESD51-2a (sections 6 and 7).
- (7) The junction-to-case (bottom) thermal resistance is obtained by simulating a cold plate test on the exposed (power) pad. No specific JEDEC standard test exists, but a close description can be found in the ANSI SEMI standard G30-88.

**ELECTRICAL CHARACTERISTICS:  $V_S = +4.5V$  to  $+36V$ ;  $\pm 2.25V$  to  $\pm 18V$**

**Boldface** limits apply over the specified temperature range,  $T_A = -40^\circ C$  to  $+125^\circ C$ .

At  $T_A = +25^\circ C$ ,  $R_L = 2k\Omega$  connected to midsupply,  $V_{CM} = V_{OUT} =$  midsupply, unless otherwise noted.

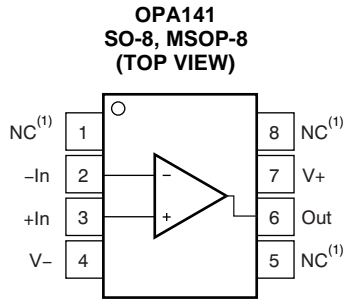
PARAMETER	CONDITIONS	OPA141, OPA2141, OPA4141			UNIT
		MIN	TYP	MAX	
<b>OFFSET VOLTAGE</b>					
Offset Voltage, RTI	$V_{OS}$	$V_S = \pm 18V$	$\pm 1$	$\pm 3.5$	mV
<b>Over Temperature</b>		<b><math>V_S = \pm 18V</math></b>		<b><math>\pm 4.3</math></b>	<b>mV</b>
<b>Drift</b>	$dV_{OS}/dT$	<b><math>V_S = \pm 18V</math></b>	<b><math>\pm 2</math></b>	<b><math>\pm 10</math></b>	$\mu V/^\circ C$
vs Power Supply	PSRR	$V_S = \pm 2.25V$ to $\pm 18V$	$\pm 0.14$	$\pm 2$	$\mu V/V$
<b>Over Temperature</b>		<b><math>V_S = \pm 2.25V</math> to <math>\pm 18V</math></b>		<b><math>\pm 4</math></b>	<b><math>\mu V/V</math></b>
<b>INPUT BIAS CURRENT</b>					
Input Bias Current	$I_B$		$\pm 2$	$\pm 20$	pA
<b>Over Temperature</b>				<b><math>\pm 5</math></b>	<b>nA</b>
Input Offset Current	$I_{OS}$		$\pm 2$	$\pm 20$	pA
<b>Over Temperature</b>				<b><math>\pm 1</math></b>	<b>nA</b>
<b>NOISE</b>					
Input Voltage Noise					
				250	nV <sub>PP</sub>
				42	nV <sub>RMS</sub>
Input Voltage Noise Density					
	$e_n$			12	nV/ $\sqrt{Hz}$
				6.5	nV/ $\sqrt{Hz}$
				6.5	nV/ $\sqrt{Hz}$
Input Current Noise Density					
	$i_n$			0.8	fA/ $\sqrt{Hz}$
<b>INPUT VOLTAGE RANGE</b>					
<b>Common-Mode Voltage Range</b>	$V_{CM}$		<b>(V-) -0.1</b>	<b>(V+) -3.5</b>	<b>V</b>
Common-Mode Rejection Ratio	CMRR	$V_S = \pm 18V$ , $V_{CM} = (V-) -0.1V$ to $(V+) -3.5V$	120	126	dB
<b>Over Temperature</b>		<b><math>V_S = \pm 18V</math>, <math>V_{CM} = (V-) -0.1V</math> to <math>(V+) -3.5V</math></b>	<b>120</b>		<b>dB</b>
<b>INPUT IMPEDANCE</b>					
Differential					
				$10^{13} \parallel 8$	$\Omega \parallel pF$
Common-Mode					
		$V_{CM} = (V-) -0.1V$ to $(V+) -3.5V$		$10^{13} \parallel 6$	$\Omega \parallel pF$
<b>OPEN-LOOP GAIN</b>					
Open-Loop Voltage Gain	$A_{OL}$	$V_O = (V-) +0.35V$ to $(V+) -0.35V$ , $R_L = 2k\Omega$	114	126	dB
<b>Over Temperature</b>		<b><math>V_O = (V-) +0.35V</math> to <math>(V+) -0.35V</math>, <math>R_L = 2k\Omega</math></b>	<b>108</b>		<b>dB</b>
<b>FREQUENCY RESPONSE</b>					
Gain Bandwidth Product					
	BW			10	MHz
Slew Rate					
				20	V/ $\mu s$
Settling Time, 12-bit (0.024)					
				880	ns
THD+N					
		1kHz, $G = 1$ , $V_O = 3.5V_{RMS}$		0.00005	%
Overload Recovery Time					
				600	ns

**ELECTRICAL CHARACTERISTICS:  $V_S = +4.5V$  to  $+36V$ ;  $\pm 2.25V$  to  $\pm 18V$  (continued)**
**Boldface** limits apply over the specified temperature range,  $T_A = -40^\circ C$  to  $+125^\circ C$ .

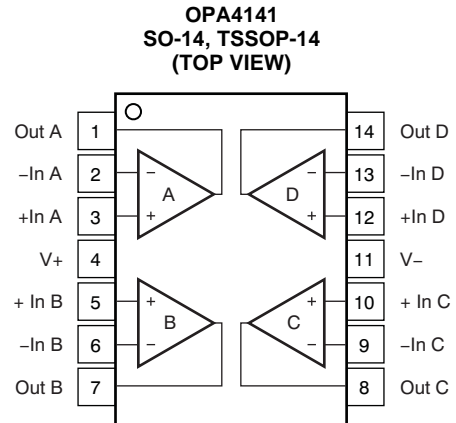
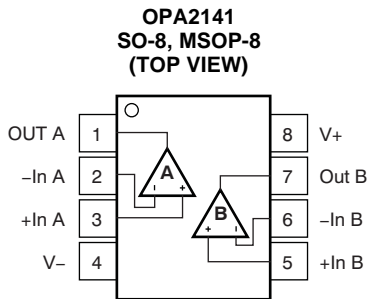
 At  $T_A = +25^\circ C$ ,  $R_L = 2k\Omega$  connected to midsupply,  $V_{CM} = V_{OUT} =$  midsupply, unless otherwise noted.

PARAMETER	CONDITIONS	OPA141, OPA2141, OPA4141			UNIT
		MIN	TYP	MAX	
<b>OUTPUT</b>					
Voltage Output $V_O$	$R_L = 10k\Omega$	$(V-)+0.2$		$(V+)-0.2$	V
	$R_L = 2k\Omega$	$(V-)+0.35$		$(V+)-0.35$	V
Short-Circuit Current $I_{SC}$	Source		+36		mA
	Sink		-30		mA
Capacitive Load Drive $C_{LOAD}$		See <a href="#">Figure 19</a> and <a href="#">Figure 20</a>			
Open-Loop Output Impedance $R_O$	$f = 1MHz, I_O = 0$ (See <a href="#">Figure 18</a> )		10		$\Omega$
<b>POWER SUPPLY</b>					
Specified Voltage Range $V_S$		$\pm 2.25$		$\pm 18$	V
Quiescent Current (per amplifier) $I_Q$	$I_O = 0mA$		1.8	2.3	mA
		<b>Over Temperature</b>		<b>3.1</b>	<b>mA</b>
<b>CHANNEL SEPARATION</b>					
Channel Separation	At dc		0.02		$\mu V/V$
	At 100kHz		10		$\mu V/V$
<b>TEMPERATURE RANGE</b>					
Specified Range		-40		+125	$^\circ C$
Operating Range		-55		+150	$^\circ C$

PIN ASSIGNMENTS



(1) NC denotes no internal connection.



SIMPLIFIED BLOCK DIAGRAM

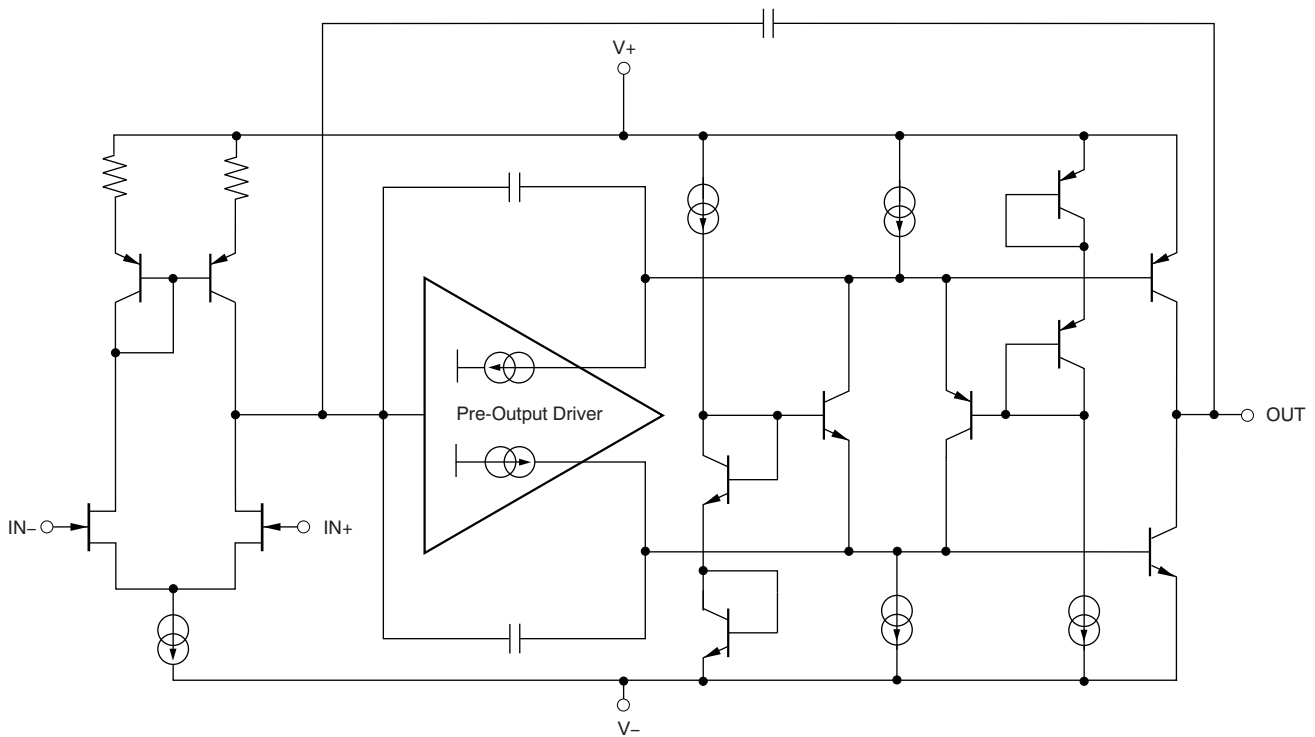


Figure 1.

## TYPICAL CHARACTERISTICS SUMMARY

### TABLE OF GRAPHS

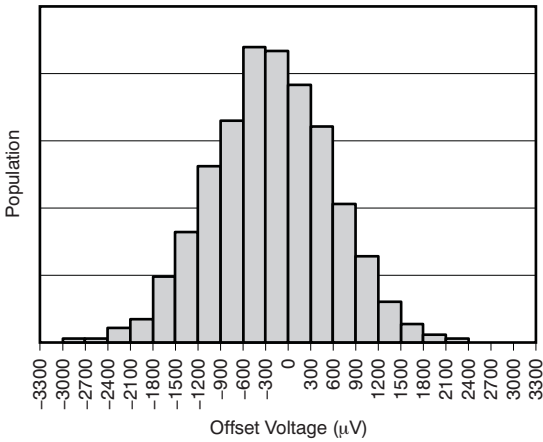
**Table 1. Characteristic Performance Measurements**

DESCRIPTION	FIGURE
Offset Voltage Production Distribution	<a href="#">Figure 2</a>
Offset Voltage Drift Distribution	<a href="#">Figure 3</a>
Offset Voltage vs Common-Mode Voltage (Max Supply)	<a href="#">Figure 4</a>
$I_B$ and $I_{OS}$ vs Common-Mode Voltage	<a href="#">Figure 5</a>
Output Voltage Swing vs Output Current	<a href="#">Figure 6</a>
CMRR and PSRR vs Frequency (RTI)	<a href="#">Figure 7</a>
Common-Mode Rejection Ratio vs Temperature	<a href="#">Figure 8</a>
0.1Hz to 10Hz Noise	<a href="#">Figure 9</a>
Input Voltage Noise Density vs Frequency	<a href="#">Figure 10</a>
THD+N Ratio vs Frequency (80kHz AP Bandwidth)	<a href="#">Figure 11</a>
THD+N Ratio vs Output Amplitude	<a href="#">Figure 12</a>
Quiescent Current vs Temperature	<a href="#">Figure 13</a>
Quiescent Current vs Supply Voltage	<a href="#">Figure 14</a>
Gain and Phase vs Frequency	<a href="#">Figure 15</a>
Closed-Loop Gain vs Frequency	<a href="#">Figure 16</a>
Open-Loop Gain vs Temperature	<a href="#">Figure 17</a>
Open-Loop Output Impedance vs Frequency	<a href="#">Figure 18</a>
Small-Signal Overshoot vs Capacitive Load ( $G = +1$ )	<a href="#">Figure 19</a>
Small-Signal Overshoot vs Capacitive Load ( $G = -1$ )	<a href="#">Figure 20</a>
No Phase Reversal	<a href="#">Figure 21</a>
Positive Overload Recovery	<a href="#">Figure 22</a>
Negative Overload Recovery	<a href="#">Figure 23</a>
Small-Signal Step Response ( $G = +1$ )	<a href="#">Figure 24</a>
Small-Signal Step Response ( $G = -1$ )	<a href="#">Figure 25</a>
Large-Signal Step Response ( $G = +1$ )	<a href="#">Figure 26</a>
Large-Signal Step Response ( $G = -1$ )	<a href="#">Figure 27</a>
Short-Circuit Current vs Temperature	<a href="#">Figure 28</a>
Maximum Output Voltage vs Frequency	<a href="#">Figure 29</a>
Channel Separation vs Frequency	<a href="#">Figure 30</a>

**TYPICAL CHARACTERISTICS**

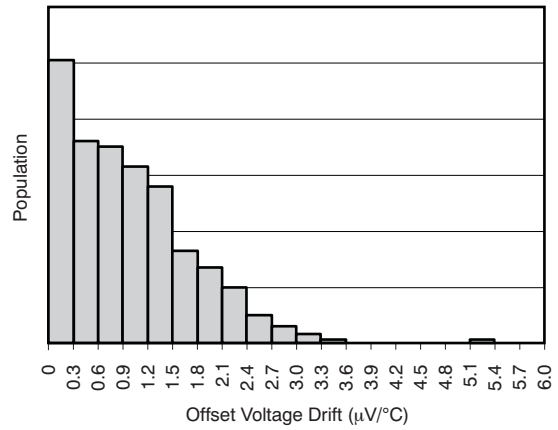
At  $T_A = +25^\circ\text{C}$ ,  $V_S = \pm 18\text{V}$ ,  $R_L = 2\text{k}\Omega$  connected to midsupply,  $V_{CM} = V_{OUT} = \text{midsupply}$ , unless otherwise noted.

**OFFSET VOLTAGE PRODUCTION DISTRIBUTION**



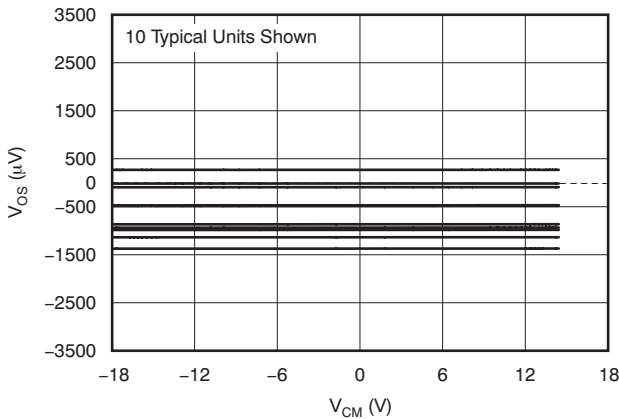
**Figure 2.**

**OFFSET VOLTAGE DRIFT DISTRIBUTION**



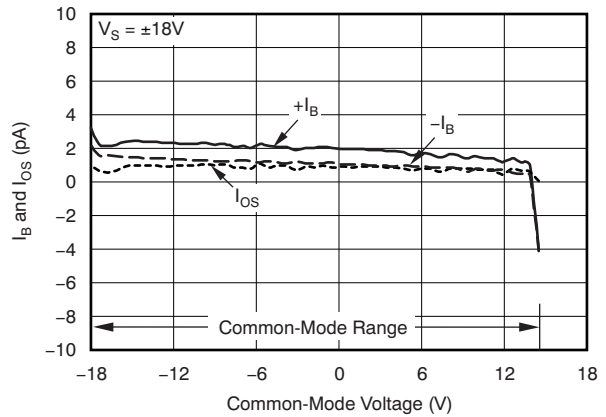
**Figure 3.**

**OFFSET VOLTAGE vs COMMON-MODE VOLTAGE**



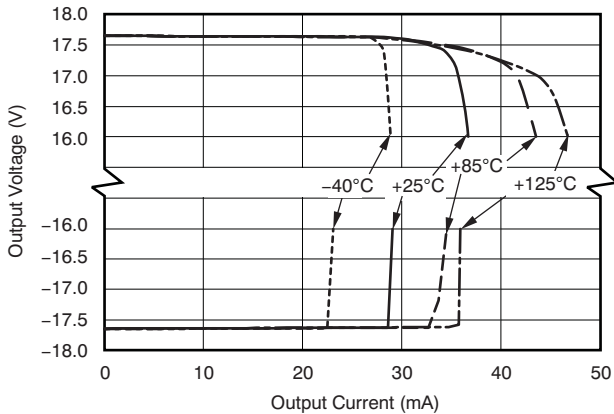
**Figure 4.**

**I<sub>B</sub> AND I<sub>OS</sub> vs COMMON-MODE VOLTAGE**



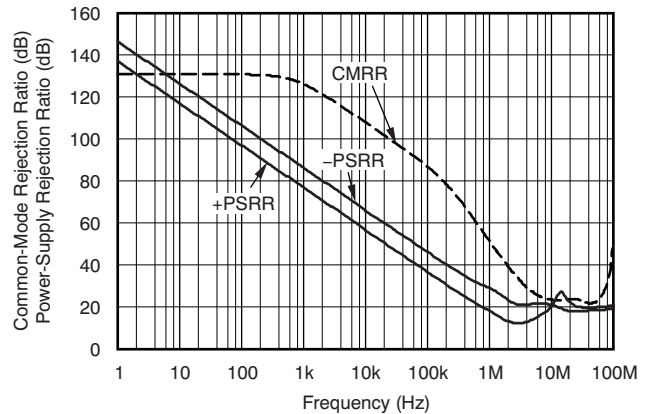
**Figure 5.**

**OUTPUT VOLTAGE SWING vs OUTPUT CURRENT (MAX SUPPLY)**



**Figure 6.**

**CMRR AND PSRR vs FREQUENCY (Referred to Input)**



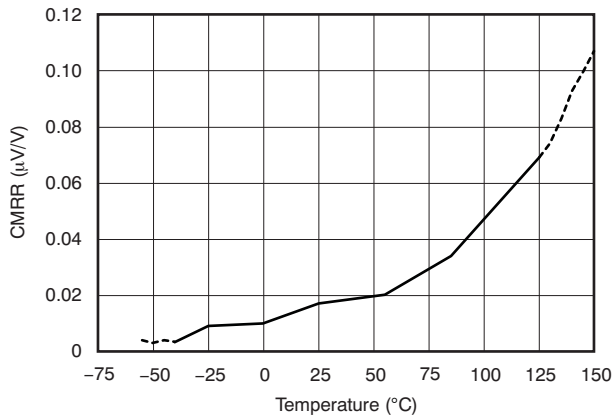
**Figure 7.**



**TYPICAL CHARACTERISTICS (continued)**

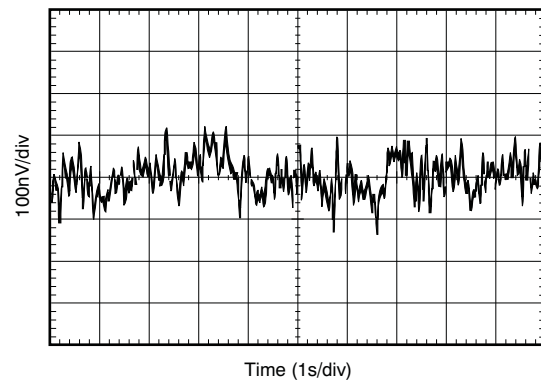
At  $T_A = +25^\circ\text{C}$ ,  $V_S = \pm 18\text{V}$ ,  $R_L = 2\text{k}\Omega$  connected to midsupply,  $V_{CM} = V_{OUT} = \text{midsupply}$ , unless otherwise noted.

**COMMON-MODE REJECTION RATIO vs TEMPERATURE**



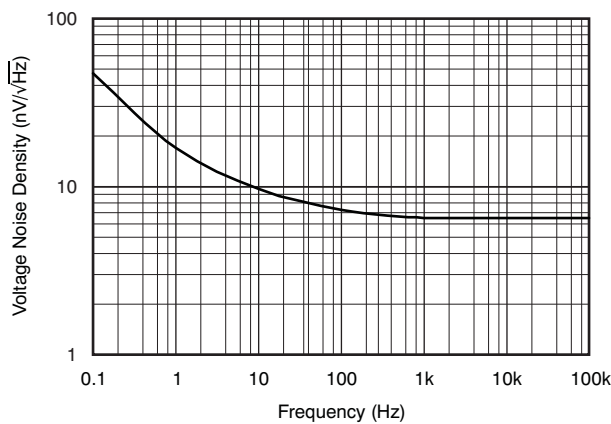
**Figure 8.**

**0.1Hz to 10Hz NOISE**



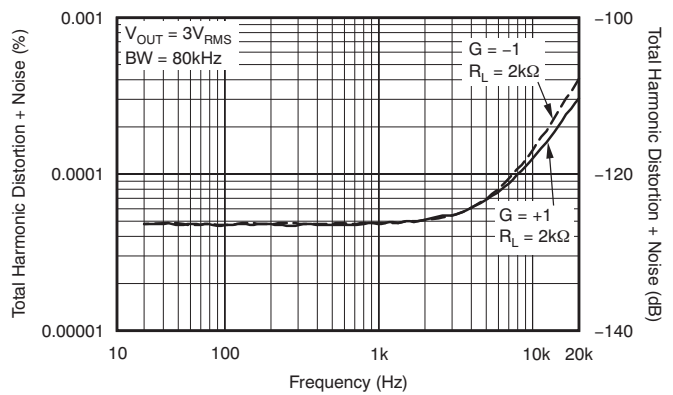
**Figure 9.**

**INPUT VOLTAGE NOISE DENSITY vs FREQUENCY**



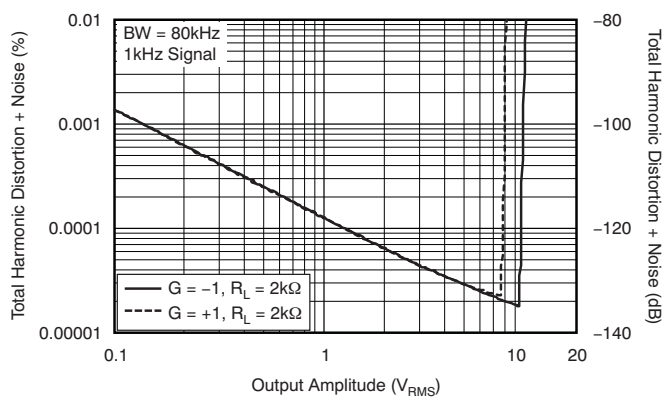
**Figure 10.**

**THD+N RATIO vs FREQUENCY**



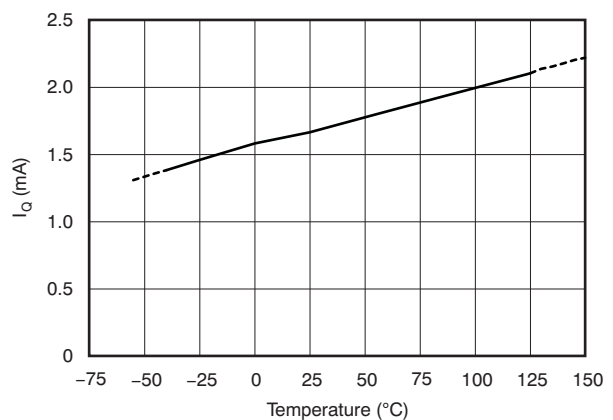
**Figure 11.**

**THD+N RATIO vs OUTPUT AMPLITUDE**



**Figure 12.**

**QUIESCENT CURRENT vs TEMPERATURE**



**Figure 13.**

**TYPICAL CHARACTERISTICS (continued)**

At  $T_A = +25^\circ\text{C}$ ,  $V_S = \pm 18\text{V}$ ,  $R_L = 2\text{k}\Omega$  connected to midsupply,  $V_{CM} = V_{OUT} = \text{midsupply}$ , unless otherwise noted.

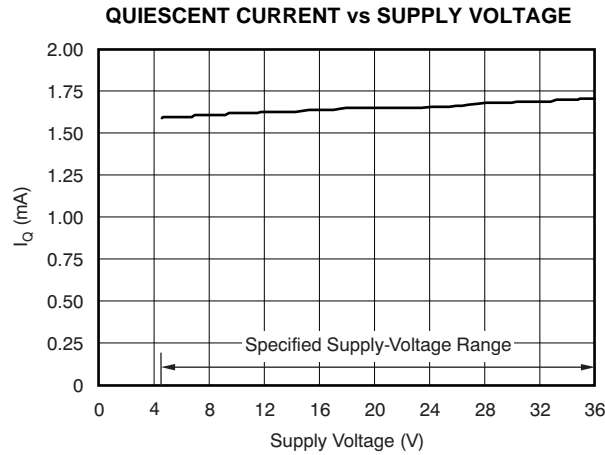


Figure 14.

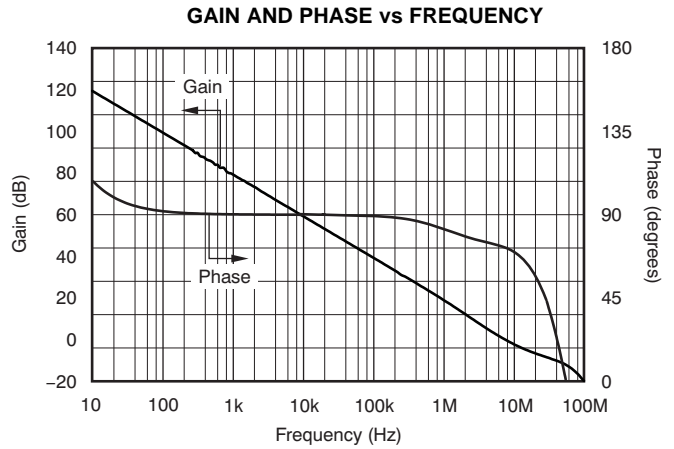


Figure 15.

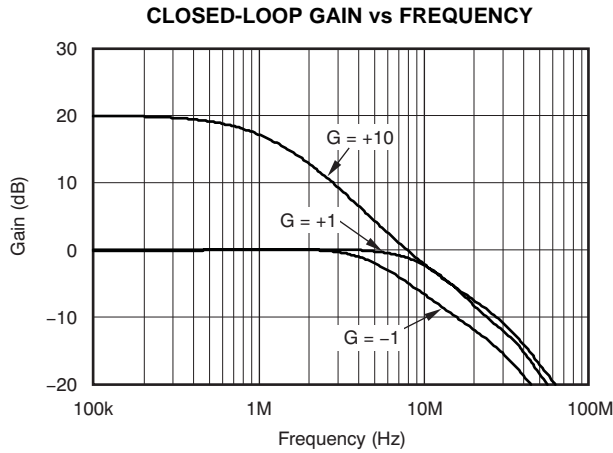


Figure 16.

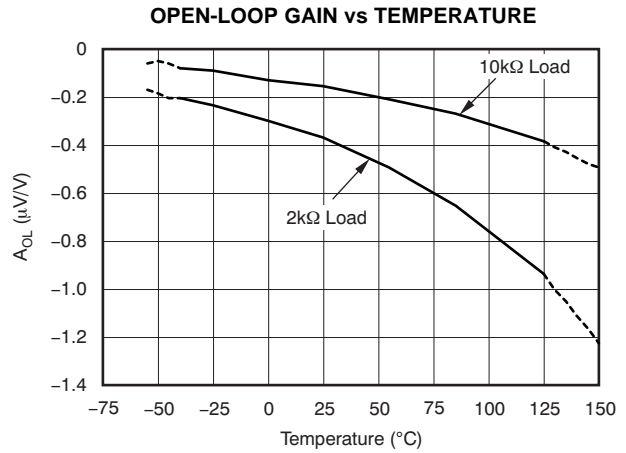


Figure 17.

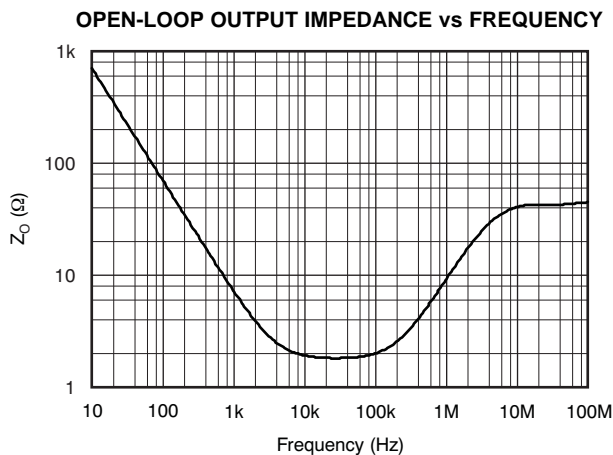


Figure 18.

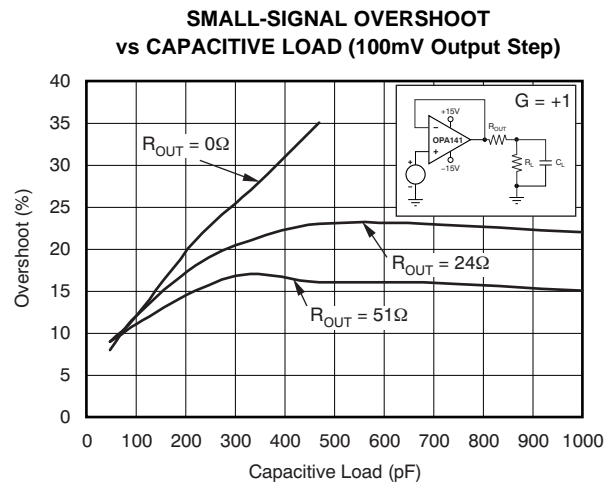


Figure 19.

**TYPICAL CHARACTERISTICS (continued)**

At  $T_A = +25^\circ\text{C}$ ,  $V_S = \pm 18\text{V}$ ,  $R_L = 2\text{k}\Omega$  connected to midsupply,  $V_{CM} = V_{OUT} = \text{midsupply}$ , unless otherwise noted.

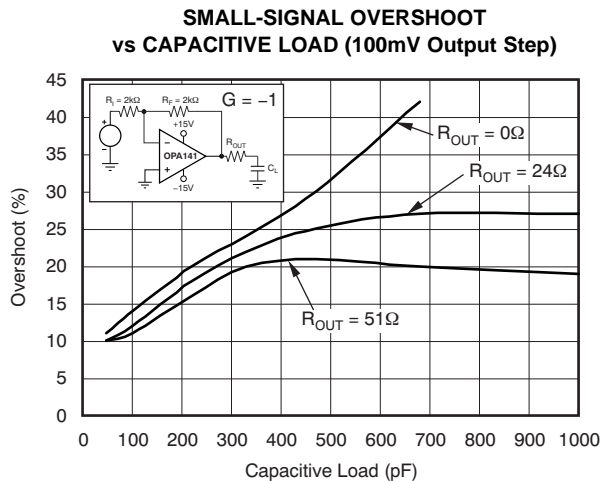


Figure 20.

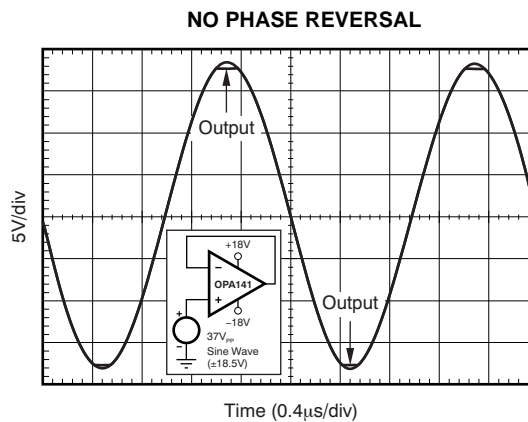


Figure 21.

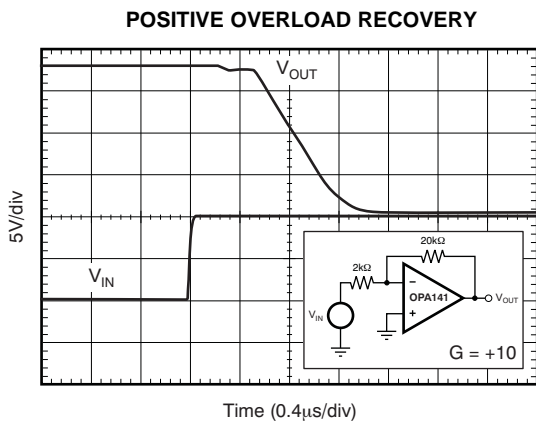


Figure 22.

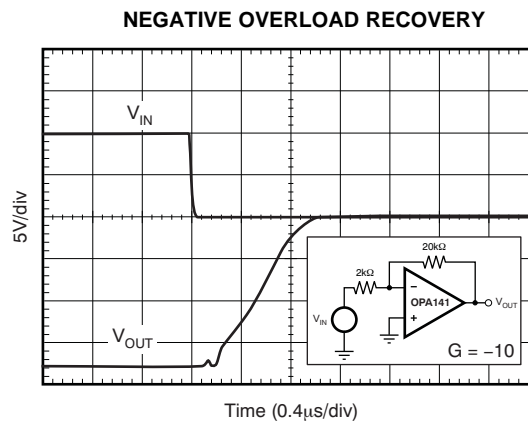


Figure 23.

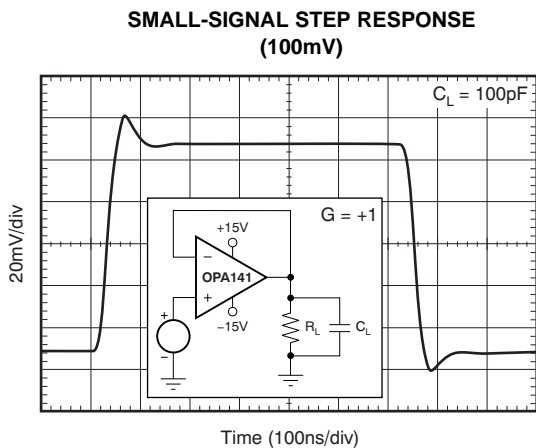


Figure 24.

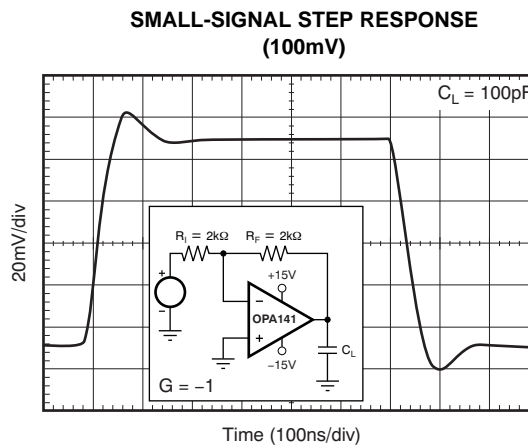


Figure 25.

**TYPICAL CHARACTERISTICS (continued)**

At  $T_A = +25^\circ\text{C}$ ,  $V_S = \pm 18\text{V}$ ,  $R_L = 2\text{k}\Omega$  connected to midsupply,  $V_{CM} = V_{OUT} = \text{midsupply}$ , unless otherwise noted.

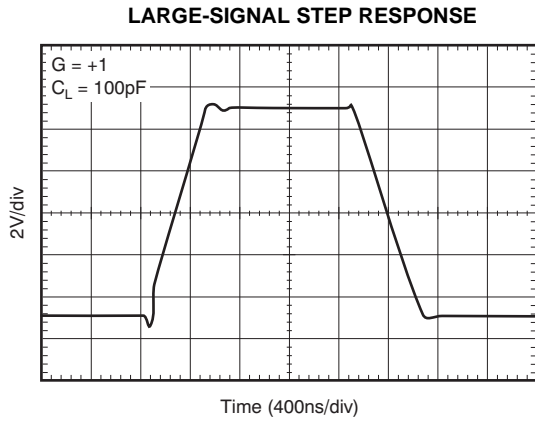


Figure 26.

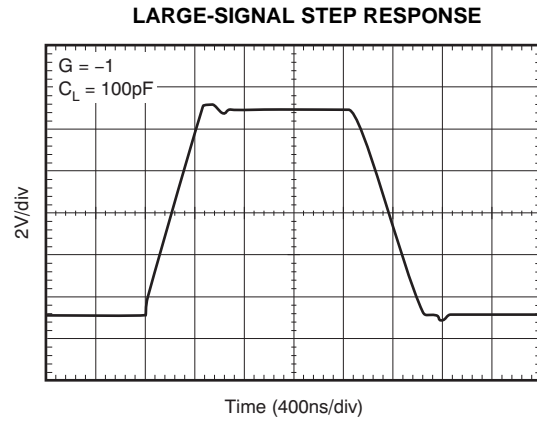


Figure 27.

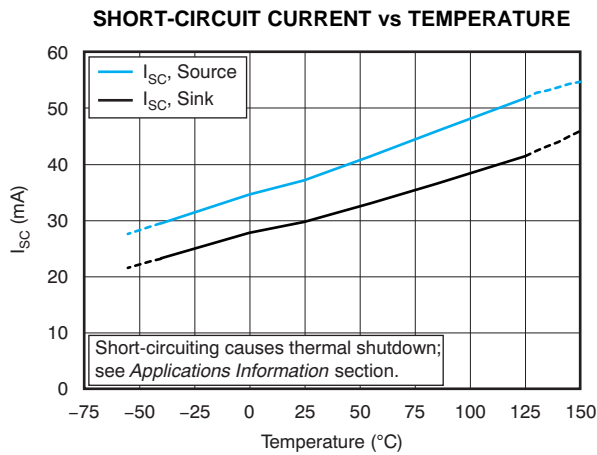


Figure 28.

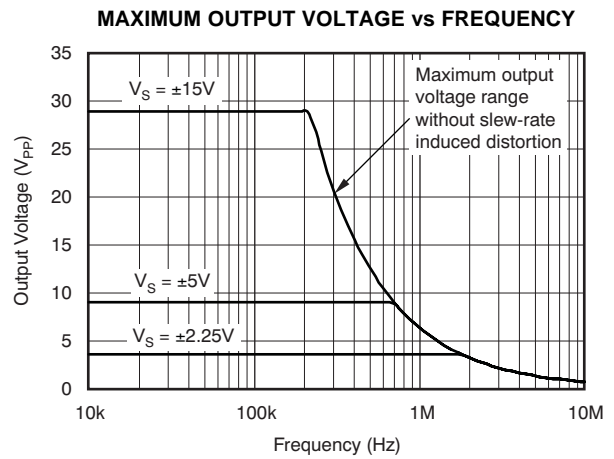


Figure 29.

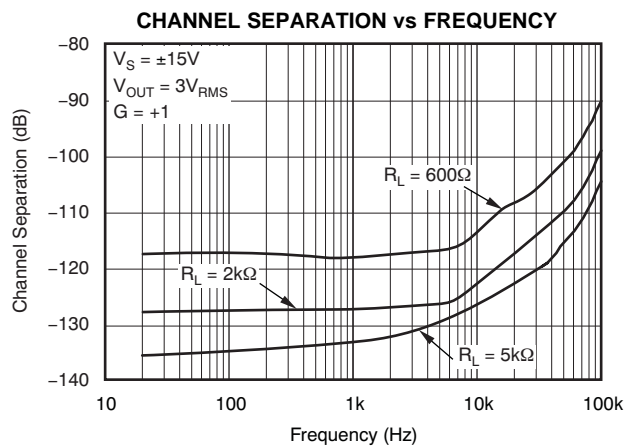
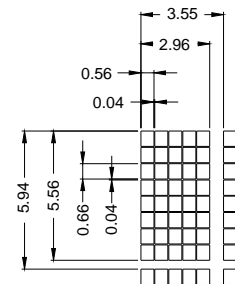
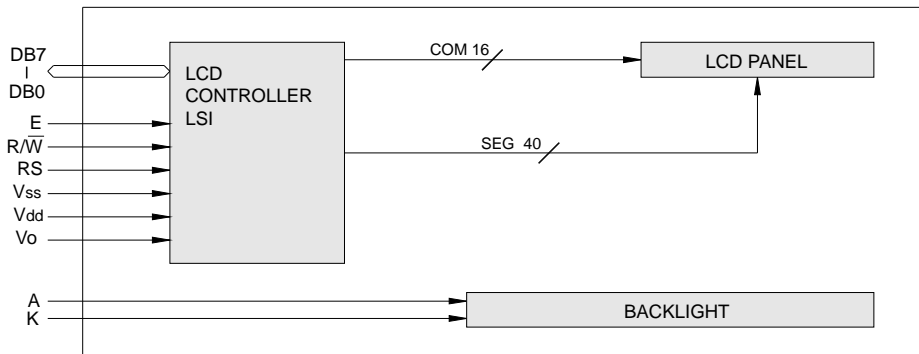
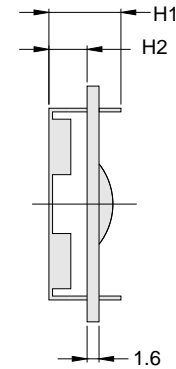
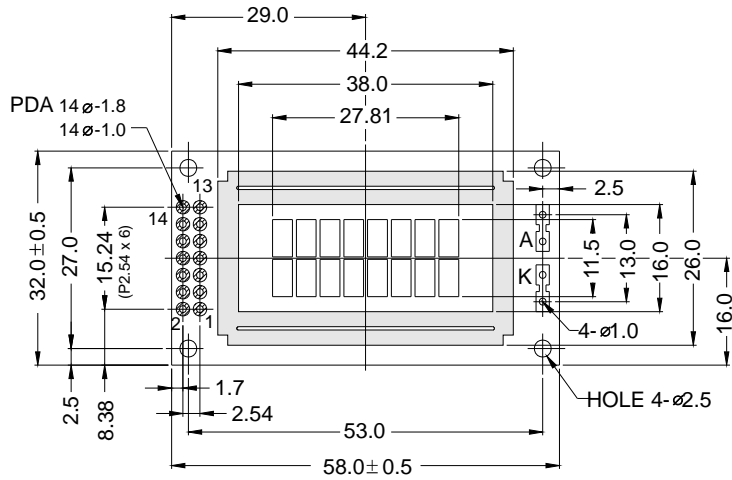


Figure 30.



**OUTLINE DIMENSION & BLOCK DIAGRAM**



The tolerance unless classified  $\pm 0.3\text{mm}$

MECHANICAL SPECIFICATION			
Overall Size	58.0 x 32.0	Module	H2 / H1
View Area	38.0 x 16.0	W/O B/L	5.2 / 9.8
Dot Size	0.56 x 0.66	EL B/L	5.2 / 9.8
Dot Pitch	0.60 x 0.70	LED B/L	8.9 / 13.5

PIN ASSIGNMENT		
Pin no.	Symbol	Function
1	Vss	Power supply(GND)
2	Vdd	Power supply(+)
3	Vo	Contrast Adjust
4	RS	Register select signal
5	R/W	Data read / write
6	E	Enable signal
7	DB0	Data bus line
8	DB1	Data bus line
9	DB2	Data bus line
10	DB3	Data bus line
11	DB4	Data bus line
12	DB5	Data bus line
13	DB6	Data bus line
14	DB7	Data bus line

ABSOLUTE MAXIMUM RATING									
Item	Symbol	Condition	Min.	Max.	Units				
Supply for logic voltage	Vdd-Vss	25°C	-0.3	7	V				
LCD driving supply voltage	Vdd-Vee	25°C	-0.3	13	V				
Input voltage	Vin	25°C	-0.3	Vdd+0.3	V				
ELECTRICAL CHARACTERISTICS									
Item	Symbol	Condition	Min.	Typical	Max.	Units			
Power supply voltage	Vdd-Vss	25°C	2.7	-	5.5	V			
LCD operation voltage	Vop	Top	N	W	N	W	V		
		-20°C	-	7.1	-	7.5	-	7.9	V
		0°C	4.4	-	4.6	-	5.2	-	V
		25°C	4.1	6.1	4.3	6.4	4.8	6.7	V
		50°C	3.8	-	4	-	4.6	-	V
70°C	-	5.7	-	6	-	6.3	V		
LCM current consumption (No B/L)	Idd	Vdd=5V	-	1.5	2.5	mA			
Backlight current consumption	LED/edge	VB/L=4.2V	-	-	-	mA			
	LED/array	VB/L=4.2V	-	110	-	mA			

**REMARK**

LCD option: STN, TN, FSTN

Backlight Option: LED, EL Backlight feature, other Specs not available on catalog is under request.





## 18/20-Pin Enhanced Flash Microcontrollers with nanoWatt Technology

### Low-Power Features:

- Power-Managed modes:
  - Primary Run: XT, RC oscillator, 87  $\mu$ A, 1 MHz, 2V
  - INTRC: 7  $\mu$ A, 31.25 kHz, 2V
  - Sleep: 0.2  $\mu$ A, 2V
- Timer1 oscillator: 1.8  $\mu$ A, 32 kHz, 2V
- Watchdog Timer: 0.7  $\mu$ A, 2V
- Wide operating voltage range:
  - Industrial: 2.0V to 5.5V

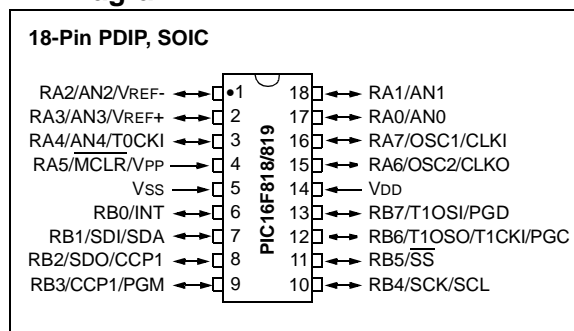
### Oscillators:

- Three Crystal modes:
  - LP, XT, HS: up to 20 MHz
- Two External RC modes
- One External Clock mode:
  - ECIO: up to 20 MHz
- Internal oscillator block:
  - 8 user selectable frequencies: 31 kHz, 125 kHz, 250 kHz, 500 kHz, 1 MHz, 2 MHz, 4 MHz, 8 MHz

### Peripheral Features:

- 16 I/O pins with individual direction control
- High sink/source current: 25 mA
- Timer0: 8-bit timer/counter with 8-bit prescaler
- Timer1: 16-bit timer/counter with prescaler, can be incremented during Sleep via external crystal/clock
- Timer2: 8-bit timer/counter with 8-bit period register, prescaler and postscaler
- Capture, Compare, PWM (CCP) module:
  - Capture is 16-bit, max. resolution is 12.5 ns
  - Compare is 16-bit, max. resolution is 200 ns
  - PWM max. resolution is 10-bit
- 10-bit, 5-channel Analog-to-Digital converter
- Synchronous Serial Port (SSP) with SPI (Master/Slave) and I<sup>2</sup>C™ (Slave)

### Pin Diagram



### Special Microcontroller Features:

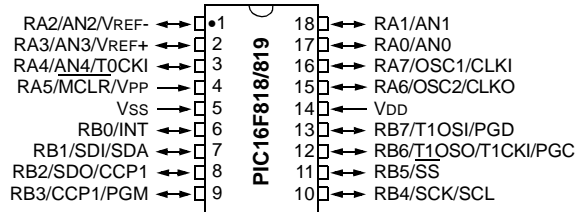
- 100,000 erase/write cycles Enhanced Flash program memory typical
- 1,000,000 typical erase/write cycles EEPROM data memory typical
- EEPROM Data Retention: > 40 years
- In-Circuit Serial Programming™ (ICSP™) via two pins
- Processor read/write access to program memory
- Low-Voltage Programming
- In-Circuit Debugging via two pins

Device	Program Memory		Data Memory		I/O Pins	10-bit A/D (ch)	CCP (PWM)	SSP		Timers 8/16-bit
	Flash (Bytes)	# Single-Word Instructions	SRAM (Bytes)	EEPROM (Bytes)				SPI	Slave I <sup>2</sup> C™	
PIC16F818	1792	1024	128	128	16	5	1	Y	Y	2/1
PIC16F819	3584	2048	256	256	16	5	1	Y	Y	2/1

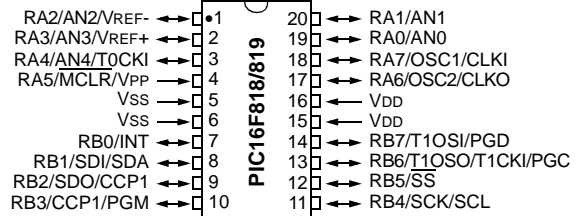
# PIC16F818/819

## Pin Diagrams

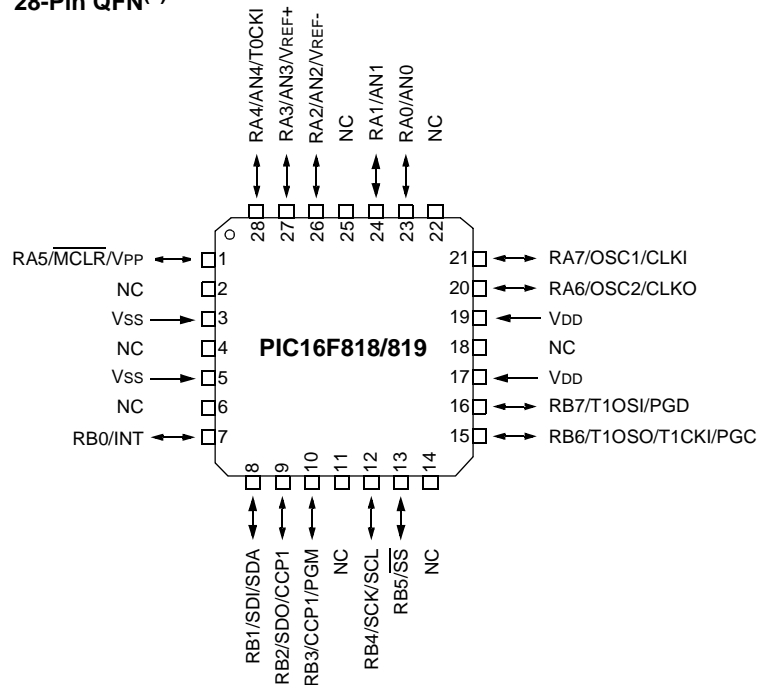
### 18-Pin PDIP, SOIC



### 20-Pin SSOP



### 28-Pin QFN<sup>(1)</sup>



**Note 1:** For the QFN package, it is recommended that the bottom pad be connected to VSS.



## 1.0 DEVICE OVERVIEW

This document contains device specific information for the operation of the PIC16F818/819 devices. Additional information may be found in the “PIC® Mid-Range MCU Family Reference Manual” (DS33023) which may be downloaded from the Microchip web site. The Reference Manual should be considered a complementary document to this data sheet and is highly recommended reading for a better understanding of the device architecture and operation of the peripheral modules.

The PIC16F818/819 belongs to the Mid-Range family of the PIC® devices. The devices differ from each other in the amount of Flash program memory, data memory and data EEPROM (see Table 1-1). A block diagram of the devices is shown in Figure 1-1. These devices contain features that are new to the PIC16 product line:

- Internal RC oscillator with eight selectable frequencies, including 31.25 kHz, 125 kHz, 250 kHz, 500 kHz, 1 MHz, 2 MHz, 4 MHz and 8 MHz. The INTRC can be configured as the system clock via the configuration bits. Refer to **Section 4.5 “Internal Oscillator Block”** and **Section 12.1 “Configuration Bits”** for further details.
- The Timer1 module current consumption has been greatly reduced from 20 µA (previous PIC16 devices) to 1.8 µA typical (32 kHz at 2V), which is ideal for real-time clock applications. Refer to **Section 6.0 “Timer0 Module”** for further details.
- The amount of oscillator selections has increased. The RC and INTRC modes can be selected with an I/O pin configured as an I/O or a clock output (Fosc/4). An external clock can be configured with an I/O pin. Refer to **Section 4.0 “Oscillator Configurations”** for further details.

**TABLE 1-1: AVAILABLE MEMORY IN PIC16F818/819 DEVICES**

Device	Program Flash	Data Memory	Data EEPROM
PIC16F818	1K x 14	128 x 8	128 x 8

Device	Program Flash	Data Memory	Data EEPROM
PIC16F819	2K x 14	256 x 8	256 x 8

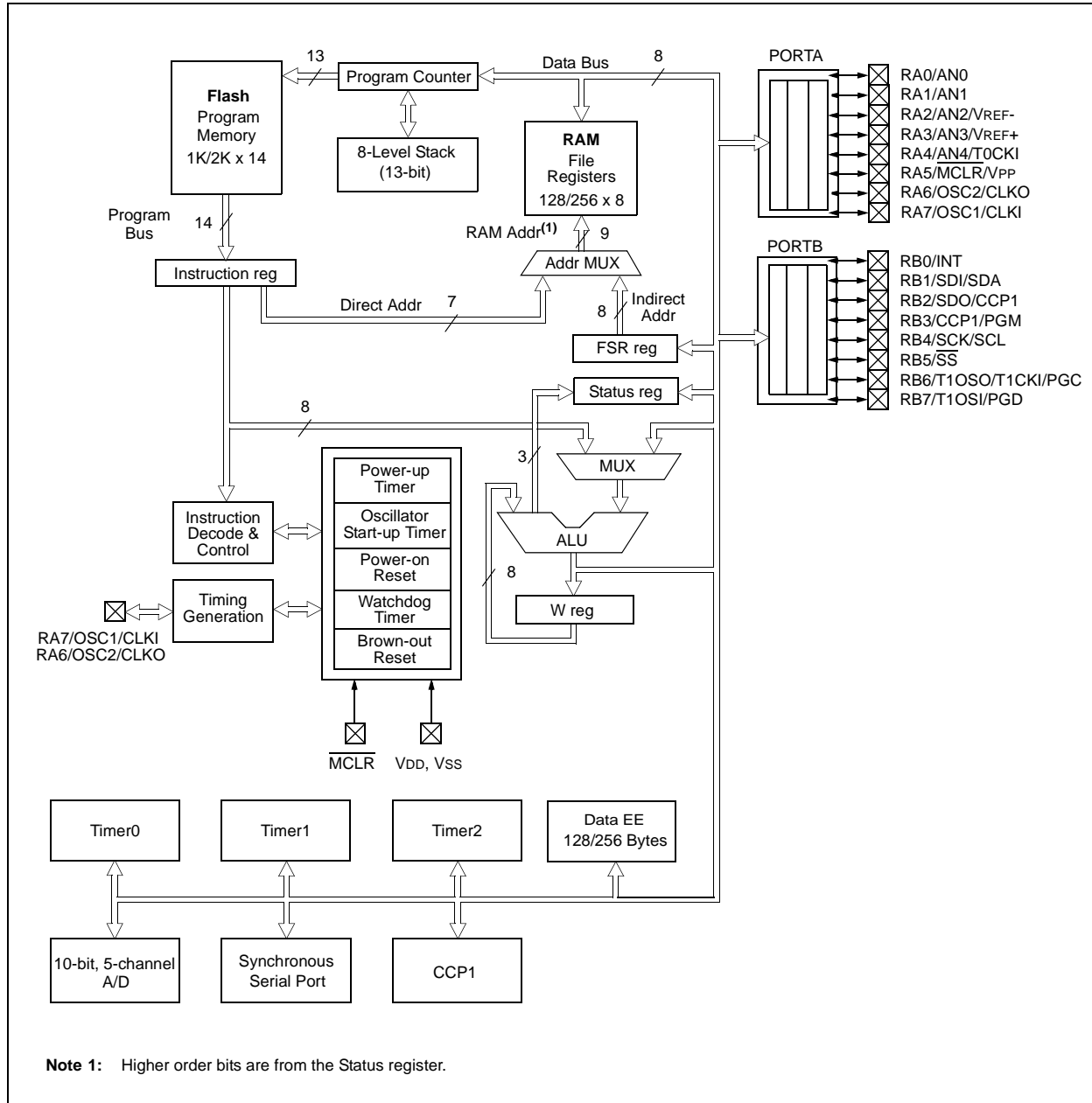
There are 16 I/O pins that are user configurable on a pin-to-pin basis. Some pins are multiplexed with other device functions. These functions include:

- External Interrupt
- Change on PORTB Interrupt
- Timer0 Clock Input
- Low-Power Timer1 Clock/Oscillator
- Capture/Compare/PWM
- 10-bit, 5-channel Analog-to-Digital Converter
- SPI/I<sup>2</sup>C
- MCLR (RA5) can be configured as an Input

Table 1-2 details the pinout of the devices with descriptions and details for each pin.

# PIC16F818/819

FIGURE 1-1: PIC16F818/819 BLOCK DIAGRAM



**TABLE 1-2: PIC16F818/819 PINOUT DESCRIPTIONS**

Pin Name	PDIP/ SOIC Pin#	SSOP Pin#	QFN Pin#	I/O/P Type	Buffer Type	Description
RA0/AN0 RA0 AN0	17	19	23	I/O I	TTL Analog	PORTA is a bidirectional I/O port.  Bidirectional I/O pin. Analog input channel 0.
RA1/AN1 RA1 AN1	18	20	24	I/O I	TTL Analog	Bidirectional I/O pin. Analog input channel 1.
RA2/AN2/VREF- RA2 AN2 VREF-	1	1	26	I/O I I	TTL Analog Analog	Bidirectional I/O pin. Analog input channel 2. A/D reference voltage (low) input.
RA3/AN3/VREF+ RA3 AN3 VREF+	2	2	27	I/O I I	TTL Analog Analog	Bidirectional I/O pin. Analog input channel 3. A/D reference voltage (high) input.
RA4/AN4/T0CKI RA4 AN4 T0CKI	3	3	28	I/O I I	ST Analog ST	Bidirectional I/O pin. Analog input channel 4. Clock input to the TMR0 timer/counter.
RA5/MCLR/VPP RA5 MCLR  VPP	4	4	1	I I  P	ST ST  -	Input pin. Master Clear (Reset). Input/programming voltage input. This pin is an active-low Reset to the device. Programming threshold voltage.
RA6/OSC2/CLKO RA6 OSC2  CLKO	15	17	20	I/O O  O	ST -  -	Bidirectional I/O pin. Oscillator crystal output. Connects to crystal or resonator in Crystal Oscillator mode. In RC mode, this pin outputs CLKO signal which has 1/4 the frequency of OSC1 and denotes the instruction cycle rate.
RA7/OSC1/CLKI RA7 OSC1 CLKI	16	18	21	I/O I I	ST ST/CMOS <sup>(3)</sup> -	Bidirectional I/O pin. Oscillator crystal input. External clock source input.

**Legend:** I = Input                      O = Output                      I/O = Input/Output                      P = Power  
 - = Not used                      TTL = TTL Input                      ST = Schmitt Trigger Input

- Note 1:** This buffer is a Schmitt Trigger input when configured as the external interrupt.  
**2:** This buffer is a Schmitt Trigger input when used in Serial Programming mode.  
**3:** This buffer is a Schmitt Trigger input when configured in RC Oscillator mode and a CMOS input otherwise.

# PIC16F818/819

**TABLE 1-2: PIC16F818/819 PINOUT DESCRIPTIONS (CONTINUED)**

Pin Name	PDIP/ SOIC Pin#	SSOP Pin#	QFN Pin#	I/O/P Type	Buffer Type	Description
RB0/INT RB0 INT	6	7	7	I/O I	TTL ST <sup>(1)</sup>	PORTB is a bidirectional I/O port. PORTB can be software programmed for internal weak pull-up on all inputs.  Bidirectional I/O pin. External interrupt pin.
RB1/SDI/SDA RB1 SDI SDA	7	8	8	I/O I I/O	TTL ST ST	Bidirectional I/O pin. SPI data in. I <sup>2</sup> C™ data.
RB2/SDO/CCP1 RB2 SDO CCP1	8	9	9	I/O O I/O	TTL ST ST	Bidirectional I/O pin. SPI data out. Capture input, Compare output, PWM output.
RB3/CCP1/PGM RB3 CCP1 PGM	9	10	10	I/O I/O I	TTL ST ST	Bidirectional I/O pin. Capture input, Compare output, PWM output. Low-Voltage ICSP™ Programming enable pin.
RB4/SCK/SCL RB4 SCK SCL	10	11	12	I/O I/O I	TTL ST ST	Bidirectional I/O pin. Interrupt-on-change pin. Synchronous serial clock input/output for SPI. Synchronous serial clock input for I <sup>2</sup> C.
RB5/SS RB5 SS	11	12	13	I/O I	TTL TTL	Bidirectional I/O pin. Interrupt-on-change pin. Slave select for SPI in Slave mode.
RB6/T1OSO/T1CKI/PGC RB6 T1OSO T1CKI PGC	12	13	15	I/O O I I	TTL ST ST ST <sup>(2)</sup>	Interrupt-on-change pin. Timer1 Oscillator output. Timer1 clock input. In-circuit debugger and ICSP programming clock pin.
RB7/T1OSI/PGD RB7 T1OSI PGD	13	14	16	I/O I I	TTL ST ST <sup>(2)</sup>	Interrupt-on-change pin. Timer1 oscillator input. In-circuit debugger and ICSP programming data pin.
Vss	5	5, 6	3, 5	P	–	Ground reference for logic and I/O pins.
VDD	14	15, 16	17, 19	P	–	Positive supply for logic and I/O pins.

**Legend:** I = Input                      O = Output                      I/O = Input/Output                      P = Power  
 – = Not used                      TTL = TTL Input                      ST = Schmitt Trigger Input

- Note 1:** This buffer is a Schmitt Trigger input when configured as the external interrupt.  
**Note 2:** This buffer is a Schmitt Trigger input when used in Serial Programming mode.  
**Note 3:** This buffer is a Schmitt Trigger input when configured in RC Oscillator mode and a CMOS input otherwise.

## 2.0 MEMORY ORGANIZATION

There are two memory blocks in the PIC16F818/819. These are the program memory and the data memory. Each block has its own bus, so access to each block can occur during the same oscillator cycle.

The data memory can be further broken down into the general purpose RAM and the Special Function Registers (SFRs). The operation of the SFRs that control the “core” are described here. The SFRs used to control the peripheral modules are described in the section discussing each individual peripheral module.

The data memory area also contains the data EEPROM memory. This memory is not directly mapped into the data memory but is indirectly mapped. That is, an indirect address pointer specifies the address of the data EEPROM memory to read/write. The PIC16F818 device’s 128 bytes of data EEPROM memory have the address range of 00h-7Fh and the PIC16F819 device’s 256 bytes of data EEPROM memory have the address range of 00h-FFh. More details on the EEPROM memory can be found in **Section 3.0 “Data EEPROM and Flash Program Memory”**.

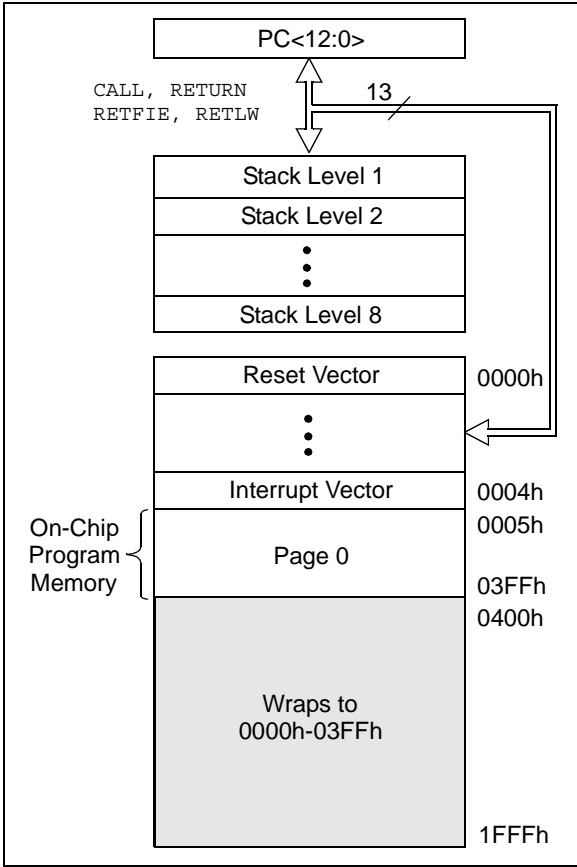
Additional information on device memory may be found in the “PIC® Mid-Range Reference Manual” (DS33023).

## 2.1 Program Memory Organization

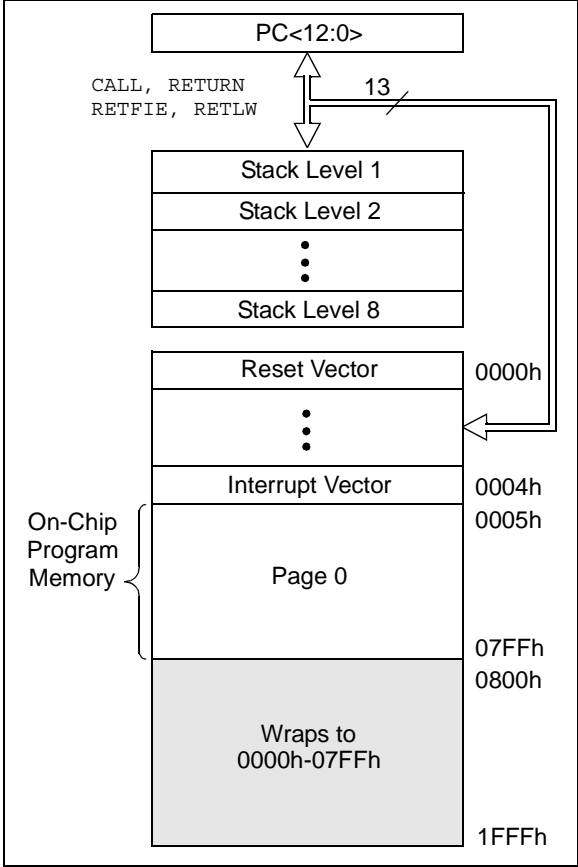
The PIC16F818/819 devices have a 13-bit program counter capable of addressing an 8K x 14 program memory space. For the PIC16F818, the first 1K x 14 (0000h-03FFh) is physically implemented (see Figure 2-1). For the PIC16F819, the first 2K x 14 is located at 0000h-07FFh (see Figure 2-2). Accessing a location above the physically implemented address will cause a wraparound. For example, the same instruction will be accessed at locations 020h, 420h, 820h, C20h, 1020h, 1420h, 1820h and 1C20h.

The Reset vector is at 0000h and the interrupt vector is at 0004h.

**FIGURE 2-1: PROGRAM MEMORY MAP AND STACK FOR PIC16F818**



**FIGURE 2-2: PROGRAM MEMORY MAP AND STACK FOR PIC16F819**



# PIC16F818/819

---

## 2.2 Data Memory Organization

The data memory is partitioned into multiple banks that contain the General Purpose Registers and the Special Function Registers. Bits RP1 (Status<6>) and RP0 (Status<5>) are the bank select bits.

RP1:RP0	Bank
00	0
01	1
10	2
11	3

Each bank extends up to 7Fh (128 bytes). The lower locations of each bank are reserved for the Special Function Registers. Above the Special Function Registers are the General Purpose Registers, implemented as static RAM. All implemented banks contain SFRs. Some "high use" SFRs from one bank may be mirrored in another bank for code reduction and quicker access (e.g., the Status register is in Banks 0-3).

**Note:** EEPROM data memory description can be found in **Section 3.0 "Data EEPROM and Flash Program Memory"** of this data sheet.

### 2.2.1 GENERAL PURPOSE REGISTER FILE

The register file can be accessed either directly or indirectly through the File Select Register, FSR.

**FIGURE 2-3: PIC16F818 REGISTER FILE MAP**

File Address		File Address		File Address		File Address	
Indirect addr.(*)	00h	Indirect addr.(*)	80h	Indirect addr.(*)	100h	Indirect addr.(*)	180h
TMR0	01h	OPTION_REG	81h	TMR0	101h	OPTION_REG	181h
PCL	02h	PCL	82h	PCL	102h	PCL	182h
STATUS	03h	STATUS	83h	STATUS	103h	STATUS	183h
FSR	04h	FSR	84h	FSR	104h	FSR	184h
PORTA	05h	TRISA	85h		105h		185h
PORTB	06h	TRISB	86h	PORTB	106h	TRISB	186h
	07h		87h		107h		187h
	08h		88h		108h		188h
	09h		89h		109h		189h
PCLATH	0Ah	PCLATH	8Ah	PCLATH	10Ah	PCLATH	18Ah
INTCON	0Bh	INTCON	8Bh	INTCON	10Bh	INTCON	18Bh
PIR1	0Ch	PIE1	8Ch	EEDATA	10Ch	EECON1	18Ch
PIR2	0Dh	PIE2	8Dh	EEADR	10Dh	EECON2	18Dh
TMR1L	0Eh	PCON	8Eh	EEDATH	10Eh	Reserved <sup>(1)</sup>	18Eh
TMR1H	0Fh	OSCCON	8Fh	EEADRH	10Fh	Reserved <sup>(1)</sup>	18Fh
T1CON	10h	OSCTUNE	90h		110h		190h
TMR2	11h		91h				
T2CON	12h	PR2	92h				
SSPBUF	13h	SSPADD	93h				
SSPCON	14h	SSPSTAT	94h				
CCPR1L	15h		95h				
CCPR1H	16h		96h				
CCP1CON	17h		97h				
	18h		98h				
	19h		99h				
	1Ah		9Ah				
	1Bh		9Bh				
	1Ch		9Ch				
	1Dh		9Dh				
ADRESH	1Eh	ADRESL	9Eh				
ADCON0	1Fh	ADCON1	9Fh		11Fh		19Fh
	20h	General Purpose Register 32 Bytes	A0h		120h		1A0h
General Purpose Register 96 Bytes		Accesses 40h-7Fh	BFh C0h	Accesses 20h-7Fh		Accesses 20h-7Fh	
Bank 0	7Fh	Bank 1	FFh	Bank 2	17Fh	Bank 3	1FFh

Unimplemented data memory locations, read as '0'.  
 \* Not a physical register.

**Note 1:** These registers are reserved; maintain these registers clear.

# PIC16F818/819

FIGURE 2-4: PIC16F819 REGISTER FILE MAP

File Address		File Address		File Address		File Address	
Indirect addr.(*)	00h	Indirect addr.(*)	80h	Indirect addr.(*)	100h	Indirect addr.(*)	180h
TMR0	01h	OPTION_REG	81h	TMR0	101h	OPTION_REG	181h
PCL	02h	PCL	82h	PCL	102h	PCL	182h
STATUS	03h	STATUS	83h	STATUS	103h	STATUS	183h
FSR	04h	FSR	84h	FSR	104h	FSR	184h
PORTA	05h	TRISA	85h		105h		185h
PORTB	06h	TRISB	86h	PORTB	106h	TRISB	186h
	07h		87h		107h		187h
	08h		88h		108h		188h
	09h		89h		109h		189h
PCLATH	0Ah	PCLATH	8Ah	PCLATH	10Ah	PCLATH	18Ah
INTCON	0Bh	INTCON	8Bh	INTCON	10Bh	INTCON	18Bh
PIR1	0Ch	PIE1	8Ch	EEDATA	10Ch	EECON1	18Ch
PIR2	0Dh	PIE2	8Dh	EEADR	10Dh	EECON2	18Dh
TMR1L	0Eh	PCON	8Eh	EEDATH	10Eh	Reserved <sup>(1)</sup>	18Eh
TMR1H	0Fh	OSCCON	8Fh	EEADRH	10Fh	Reserved <sup>(1)</sup>	18Fh
T1CON	10h	OSCTUNE	90h		110h		190h
TMR2	11h		91h				
T2CON	12h	PR2	92h				
SSPBUF	13h	SSPADD	93h				
SSPCON	14h	SSPSTAT	94h				
CCPR1L	15h		95h				
CCPR1H	16h		96h				
CCP1CON	17h		97h				
	18h		98h				
	19h		99h				
	1Ah		9Ah				
	1Bh		9Bh				
	1Ch		9Ch				
	1Dh		9Dh				
ADRESH	1Eh	ADRESL	9Eh				
ADCON0	1Fh	ADCON1	9Fh		11Fh		19Fh
	20h		A0h		120h		1A0h
General Purpose Register 96 Bytes		General Purpose Register 80 Bytes		General Purpose Register 80 Bytes		Accesses 20h-7Fh	
	7Fh	Accesses 70h-7Fh	EFh F0h FFh	Accesses 70h-7Fh	16Fh 170h 17Fh		1FFh
Bank 0		Bank 1		Bank 2		Bank 3	

Unimplemented data memory locations, read as '0'.  
 \* Not a physical register.

**Note 1:** These registers are reserved; maintain these registers clear.



## 4.0 OSCILLATOR CONFIGURATIONS

### 4.1 Oscillator Types

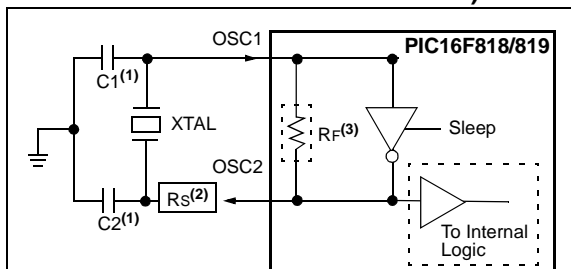
The PIC16F818/819 can be operated in eight different oscillator modes. The user can program three configuration bits (FOSC2:FOSC0) to select one of these eight modes (modes 5-8 are new PIC16 oscillator configurations):

1. LP Low-Power Crystal
2. XT Crystal/Resonator
3. HS High-Speed Crystal/Resonator
4. RC External Resistor/Capacitor with FOSC/4 output on RA6
5. RCIO External Resistor/Capacitor with I/O on RA6
6. INTIO1 Internal Oscillator with Fosc/4 output on RA6 and I/O on RA7
7. INTIO2 Internal Oscillator with I/O on RA6 and RA7
8. ECIO External Clock with I/O on RA6

### 4.2 Crystal Oscillator/Ceramic Resonators

In XT, LP or HS modes, a crystal or ceramic resonator is connected to the OSC1/CLKI and OSC2/CLKO pins to establish oscillation (see Figure 4-1 and Figure 4-2). The PIC16F818/819 oscillator design requires the use of a parallel cut crystal. Use of a series cut crystal may give a frequency out of the crystal manufacturer's specifications.

**FIGURE 4-1: CRYSTAL OPERATION (HS, XT OR LP OSC CONFIGURATION)**



- Note 1:** See Table 4-1 for typical values of C1 and C2.
- Note 2:** A series resistor (Rs) may be required for AT strip cut crystals.
- Note 3:** Rf varies with the crystal chosen (typically between 2 MΩ to 10 MΩ).

**TABLE 4-1: CAPACITOR SELECTION FOR CRYSTAL OSCILLATOR (FOR DESIGN GUIDANCE ONLY)**

Osc Type	Crystal Freq	Typical Capacitor Values Tested:	
		C1	C2
LP	32 kHz	33 pF	33 pF
	200 kHz	15 pF	15 pF
XT	200 kHz	56 pF	56 pF
	1 MHz	15 pF	15 pF
	4 MHz	15 pF	15 pF
HS	4 MHz	15 pF	15 pF
	8 MHz	15 pF	15 pF
	20 MHz	15 pF	15 pF

**Capacitor values are for design guidance only.**

These capacitors were tested with the crystals listed below for basic start-up and operation. These values were not optimized.

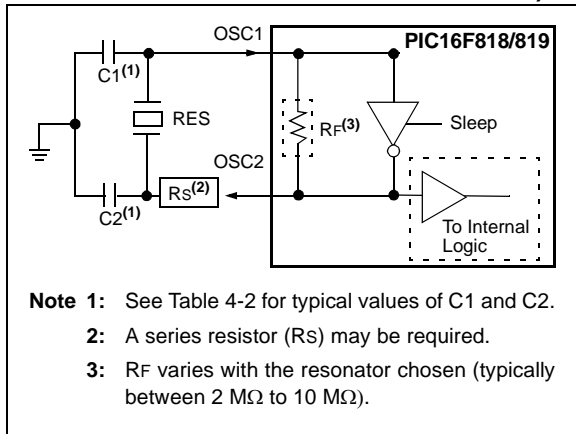
Different capacitor values may be required to produce acceptable oscillator operation. The user should test the performance of the oscillator over the expected VDD and temperature range for the application.

See the notes following this table for additional information.

- Note 1:** Higher capacitance increases the stability of the oscillator but also increases the start-up time.
- Note 2:** Since each crystal has its own characteristics, the user should consult the crystal manufacturer for appropriate values of external components.
- Note 3:** Rs may be required in HS mode, as well as XT mode, to avoid overdriving crystals with low drive level specification.
- Note 4:** Always verify oscillator performance over the VDD and temperature range that is expected for the application.

# PIC16F818/819

**FIGURE 4-2: CERAMIC RESONATOR OPERATION (HS OR XT OSC CONFIGURATION)**



**TABLE 4-2: CERAMIC RESONATORS (FOR DESIGN GUIDANCE ONLY)**

Typical Capacitor Values Used:			
Mode	Freq	OSC1	OSC2
XT	455 kHz	56 pF	56 pF
	2.0 MHz	47 pF	47 pF
	4.0 MHz	33 pF	33 pF
HS	8.0 MHz	27 pF	27 pF
	16.0 MHz	22 pF	22 pF

**Capacitor values are for design guidance only.**

These capacitors were tested with the resonators listed below for basic start-up and operation. These values were not optimized.

Different capacitor values may be required to produce acceptable oscillator operation. The user should test the performance of the oscillator over the expected VDD and temperature range for the application.

See the notes following this table for additional information.

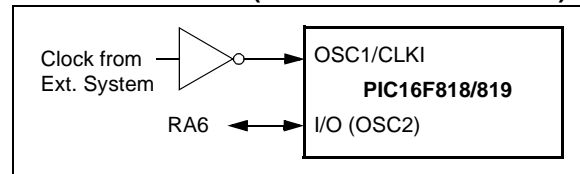
**Note:** When using resonators with frequencies above 3.5 MHz, the use of HS mode rather than XT mode is recommended. HS mode may be used at any VDD for which the controller is rated. If HS is selected, it is possible that the gain of the oscillator will overdrive the resonator. Therefore, a series resistor should be placed between the OSC2 pin and the resonator. As a good starting point, the recommended value of Rs is 330Ω.

## 4.3 External Clock Input

The ECIO Oscillator mode requires an external clock source to be connected to the OSC1 pin. There is no oscillator start-up time required after a Power-on Reset or after an exit from Sleep mode.

In the ECIO Oscillator mode, the OSC2 pin becomes an additional general purpose I/O pin. The I/O pin becomes bit 6 of PORTA (RA6). Figure 4-3 shows the pin connections for the ECIO Oscillator mode.

**FIGURE 4-3: EXTERNAL CLOCK INPUT OPERATION (ECIO CONFIGURATION)**

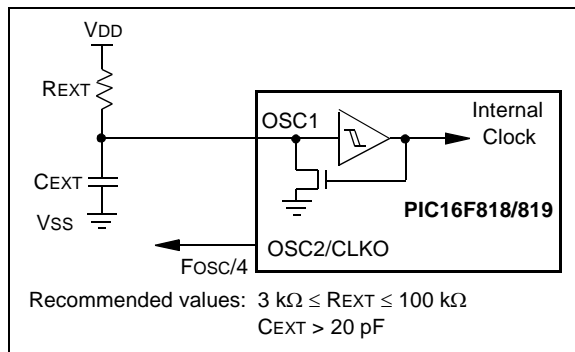


## 4.4 RC Oscillator

For timing insensitive applications, the “RC” and “RCIO” device options offer additional cost savings. The RC oscillator frequency is a function of the supply voltage, the resistor ( $R_{EXT}$ ) and capacitor ( $C_{EXT}$ ) values and the operating temperature. In addition to this, the oscillator frequency will vary from unit to unit due to normal manufacturing variation. Furthermore, the difference in lead frame capacitance between package types will also affect the oscillation frequency, especially for low  $C_{EXT}$  values. The user also needs to take into account variation due to tolerance of external R and C components used. Figure 4-4 shows how the R/C combination is connected.

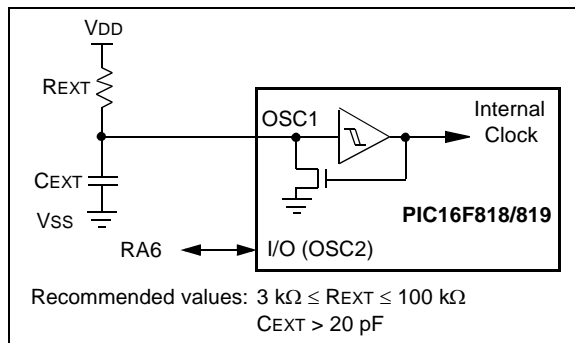
In the RC Oscillator mode, the oscillator frequency divided by 4 is available on the OSC2 pin. This signal may be used for test purposes or to synchronize other logic.

**FIGURE 4-4: RC OSCILLATOR MODE**



The RCIO Oscillator mode (Figure 4-5) functions like the RC mode except that the OSC2 pin becomes an additional general purpose I/O pin. The I/O pin becomes bit 6 of PORTA (RA6).

**FIGURE 4-5: RCIO OSCILLATOR MODE**



## 4.5 Internal Oscillator Block

The PIC16F818/819 devices include an internal oscillator block which generates two different clock signals; either can be used as the system’s clock source. This can eliminate the need for external oscillator circuits on the OSC1 and/or OSC2 pins.

The main output (INTOSC) is an 8 MHz clock source which can be used to directly drive the system clock. It also drives the INTOSC postscaler which can provide a range of clock frequencies from 125 kHz to 4 MHz.

The other clock source is the internal RC oscillator (INTRC) which provides a 31.25 kHz (32  $\mu$ s nominal period) output. The INTRC oscillator is enabled by selecting the INTRC as the system clock source or when any of the following are enabled:

- Power-up Timer
- Watchdog Timer

These features are discussed in greater detail in **Section 12.0 “Special Features of the CPU”**.

The clock source frequency (INTOSC direct, INTRC direct or INTOSC postscaler) is selected by configuring the IRCF bits of the OSCCON register (Register 4-2).

**Note:** Throughout this data sheet, when referring *specifically* to a generic clock source, the term “INTRC” may also be used to refer to the clock modes using the internal oscillator block. This is regardless of whether the actual frequency used is INTOSC (8 MHz), the INTOSC postscaler or INTRC (31.25 kHz).

### 4.5.1 INTRC MODES

Using the internal oscillator as the clock source can eliminate the need for up to two external oscillator pins, which can then be used for digital I/O. Two distinct configurations are available:

- In INTIO1 mode, the OSC2 pin outputs  $F_{osc}/4$  while OSC1 functions as RA7 for digital input and output.
- In INTIO2 mode, OSC1 functions as RA7 and OSC2 functions as RA6, both for digital input and output.

## 5.0 I/O PORTS

Some pins for these I/O ports are multiplexed with an alternate function for the peripheral features on the device. In general, when a peripheral is enabled, that pin may not be used as a general purpose I/O pin.

Additional information on I/O ports may be found in the “PIC® Mid-Range MCU Family Reference Manual” (DS33023).

### 5.1 PORTA and the TRISA Register

PORTA is an 8-bit wide, bidirectional port. The corresponding data direction register is TRISA. Setting a TRISA bit (= 1) will make the corresponding PORTA pin an input (i.e., put the corresponding output driver in a high-impedance mode). Clearing a TRISA bit (= 0) will make the corresponding PORTA pin an output (i.e., put the contents of the output latch on the selected pin).

**Note:** On a Power-on Reset, the pins PORTA<4:0> are configured as analog inputs and read as '0'.

Reading the PORTA register reads the status of the pins, whereas writing to it will write to the port latch. All write operations are read-modify-write operations. Therefore, a write to a port implies that the port pins are read, this value is modified and then written to the port data latch.

Pin RA4 is multiplexed with the Timer0 module clock input and with an analog input to become the RA4/AN4/T0CKI pin. The RA4/AN4/T0CKI pin is a Schmitt Trigger input and full CMOS output driver.

Pin RA5 is multiplexed with the Master Clear module input. The RA5/MCLR/VPP pin is a Schmitt Trigger input.

Pin RA6 is multiplexed with the oscillator module input and external oscillator output. Pin RA7 is multiplexed with the oscillator module input and external oscillator input. Pin RA6/OSC2/CLKO and pin RA7/OSC1/CLKI are Schmitt Trigger inputs and full CMOS output drivers.

Pins RA<1:0> are multiplexed with analog inputs. Pins RA<3:2> are multiplexed with analog inputs and VREF inputs. Pins RA<3:0> have TTL inputs and full CMOS output drivers.

#### EXAMPLE 5-1: INITIALIZING PORTA

```

BANKSEL  PORTA    ; select bank of PORTA
CLRWF   PORTA    ; Initialize PORTA by
                ; clearing output
                ; data latches
BANKSEL  ADCON1   ; Select Bank of ADCON1
MOVLW   0x06     ; Configure all pins
MOVWF   ADCON1   ; as digital inputs
MOVLW   0xFF     ; Value used to
                ; initialize data
                ; direction
MOVWF   TRISA    ; Set RA<7:0> as inputs
    
```

**TABLE 5-1: PORTA FUNCTIONS**

Name	Bit#	Buffer	Function
RA0/AN0	bit 0	TTL	Input/output or analog input.
RA1/AN1	bit 1	TTL	Input/output or analog input.
RA2/AN2/VREF-	bit 2	TTL	Input/output, analog input or VREF-.
RA3/AN3/VREF+	bit 3	TTL	Input/output, analog input or VREF+.
RA4/AN4/T0CKI	bit 4	ST	Input/output, analog input or external clock input for Timer0.
RA5/MCLR/VPP	bit 5	ST	Input, Master Clear (Reset) or programming voltage input.
RA6/OSC2/CLKO	bit 6	ST	Input/output, connects to crystal or resonator, oscillator output or 1/4 the frequency of OSC1 and denotes the instruction cycle in RC mode.
RA7/OSC1/CLKI	bit 7	ST/CMOS <sup>(1)</sup>	Input/output, connects to crystal or resonator or oscillator input.

**Legend:** TTL = TTL input, ST = Schmitt Trigger input

**Note 1:** This buffer is a Schmitt Trigger input when configured in RC Oscillator mode and a CMOS input otherwise.

**TABLE 5-2: SUMMARY OF REGISTERS ASSOCIATED WITH PORTA**

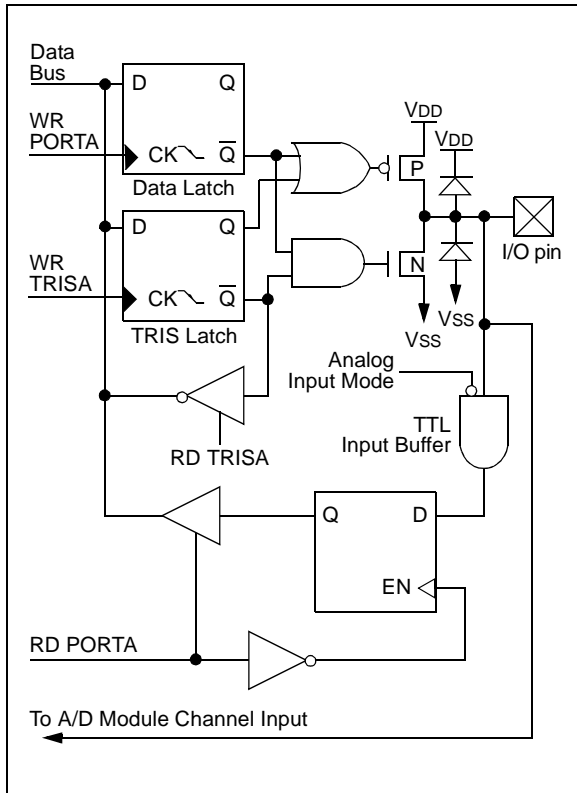
Address	Name	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Value on POR, BOR	Value on all other Resets
05h	PORTA	RA7	RA6	RA5	RA4	RA3	RA2	RA1	RA0	xxx0 0000	uuu0 0000
85h	TRISA	TRISA7	TRISA6	TRISA5 <sup>(1)</sup>	PORTA Data Direction Register					1111 1111	1111 1111
9Fh	ADCON1	ADFM	ADCS2	—	—	PCFG3	PCFG2	PCFG1	PCFG0	00-- 0000	00-- 0000

**Legend:** x = unknown, u = unchanged, - = unimplemented locations read as '0'. Shaded cells are not used by PORTA.

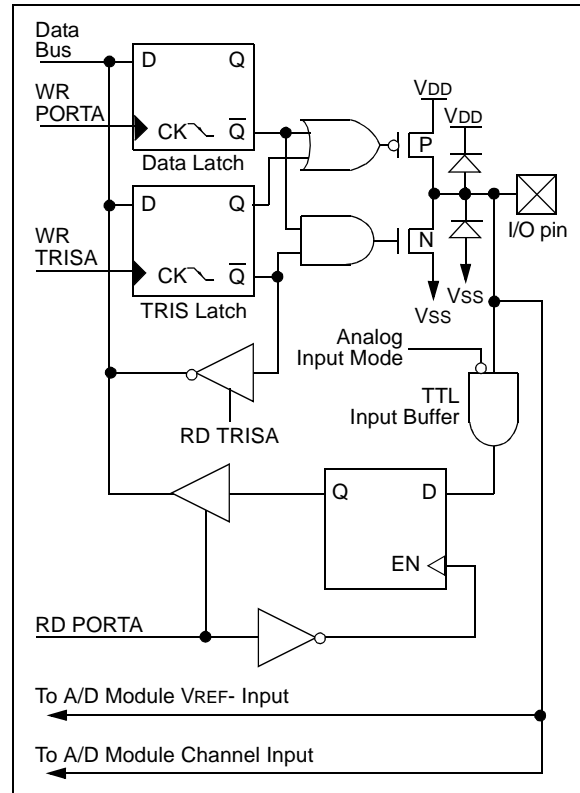
**Note 1:** Pin 5 is an input only; the state of the TRISA5 bit has no effect and will always read '1'.

# PIC16F818/819

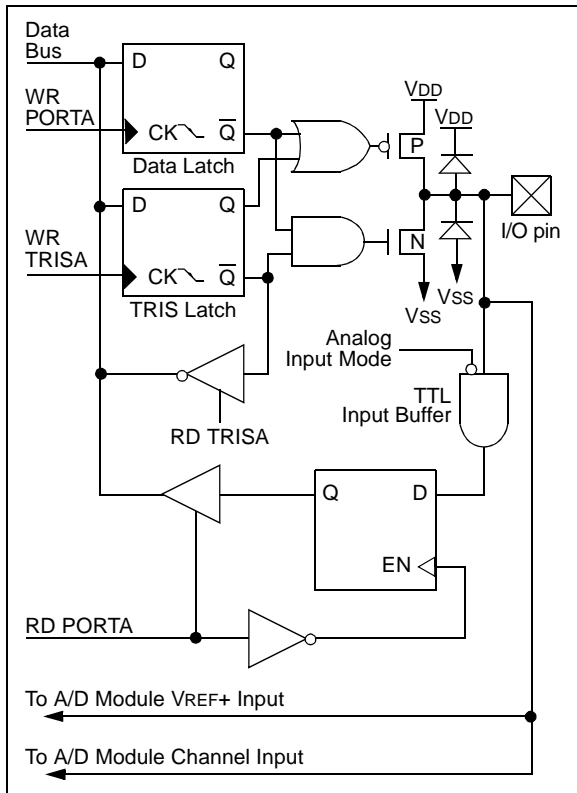
**FIGURE 5-1: BLOCK DIAGRAM OF RA0/AN0:RA1/AN1 PINS**



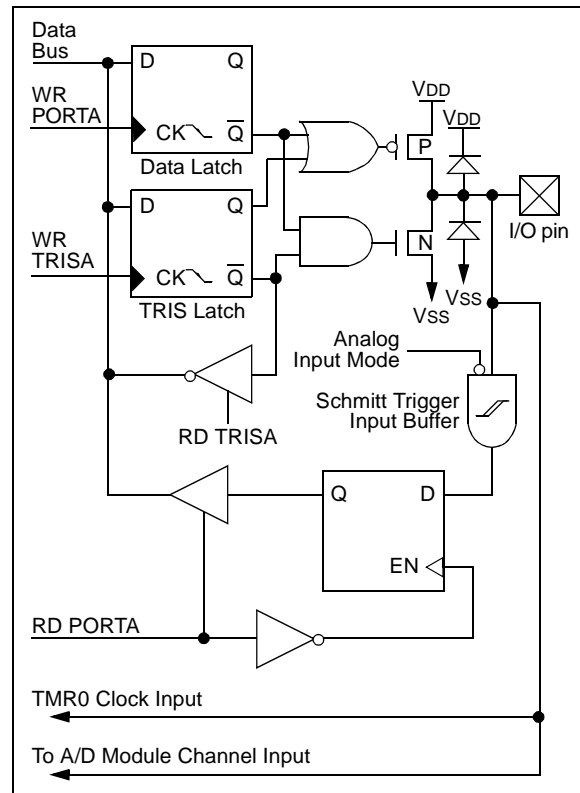
**FIGURE 5-3: BLOCK DIAGRAM OF RA2/AN2/VREF- PIN**



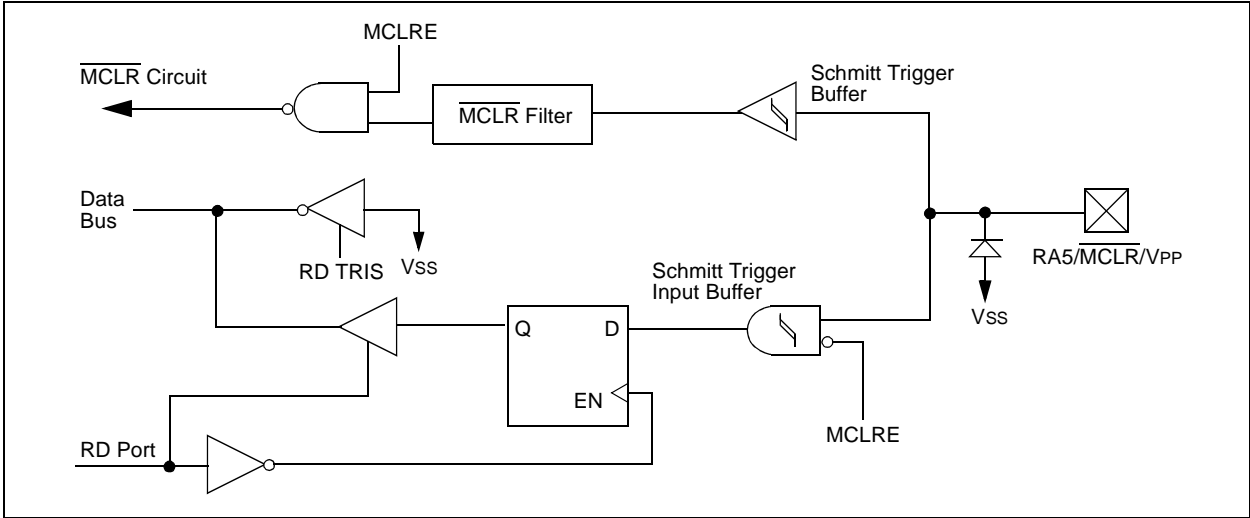
**FIGURE 5-2: BLOCK DIAGRAM OF RA3/AN3/VREF+ PIN**



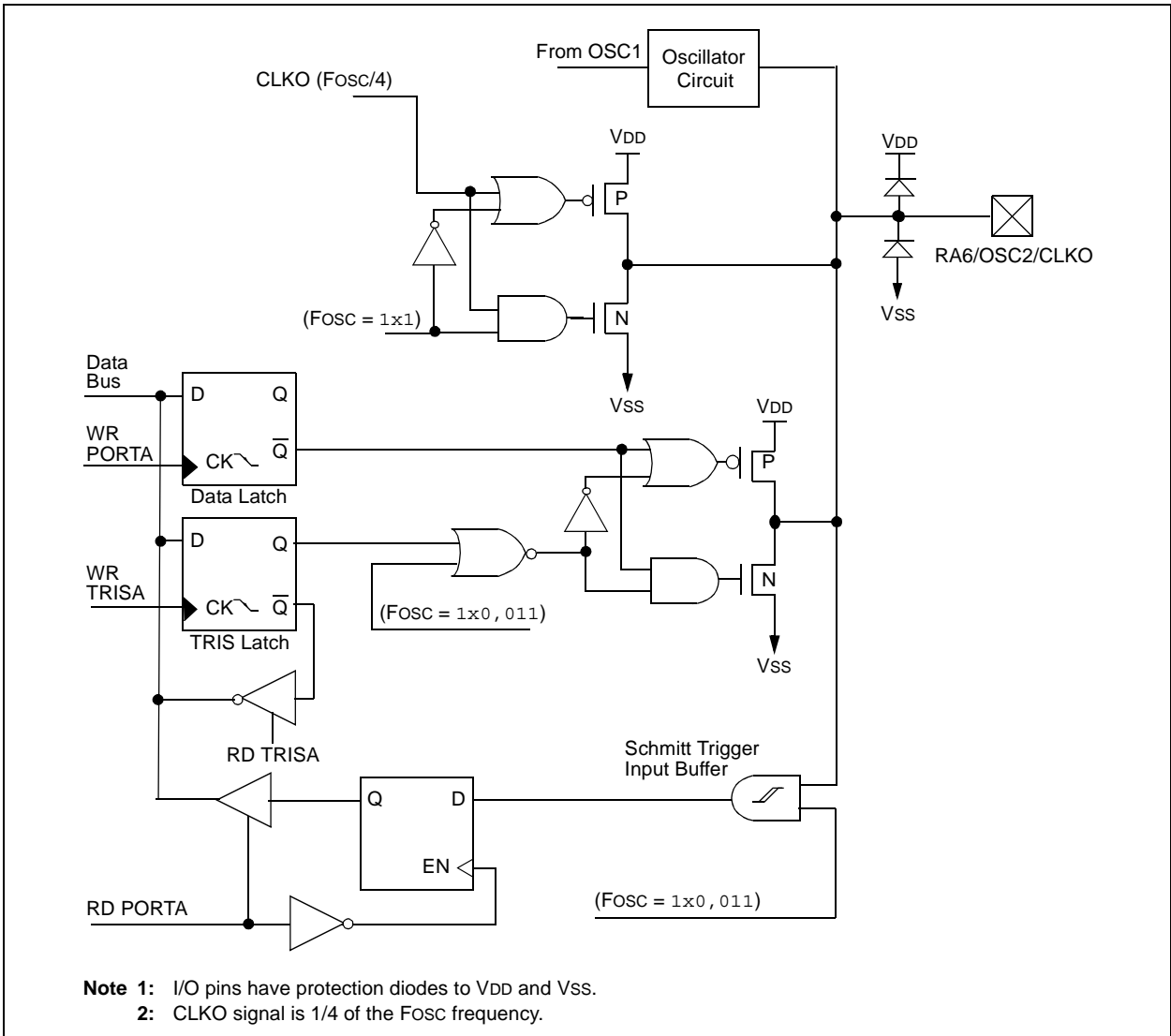
**FIGURE 5-4: BLOCK DIAGRAM OF RA4/AN4/T0CKI PIN**



**FIGURE 5-5: BLOCK DIAGRAM OF RA5/MCLR/VPP PIN**

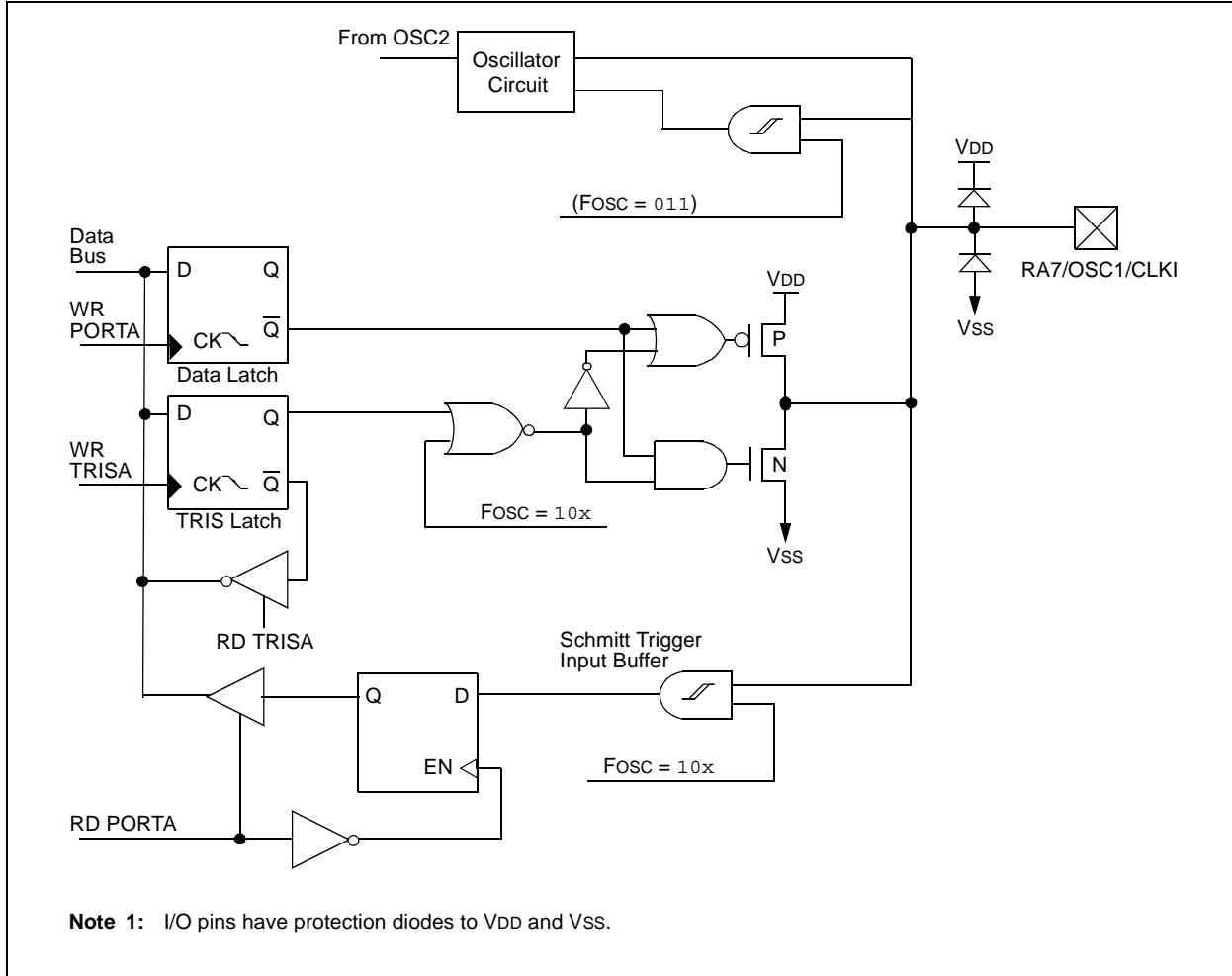


**FIGURE 5-6: BLOCK DIAGRAM OF RA6/OSC2/CLKO PIN**



# PIC16F818/819

**FIGURE 5-7: BLOCK DIAGRAM OF RA7/OSC1/CLKI PIN**



## 11.0 ANALOG-TO-DIGITAL CONVERTER (A/D) MODULE

The Analog-to-Digital (A/D) converter module has five inputs for 18/20 pin devices.

The conversion of an analog input signal results in a corresponding 10-bit digital number. The A/D module has a high and low-voltage reference input that is software selectable to some combination of VDD, VSS, RA2 or RA3.

The A/D converter has a unique feature of being able to operate while the device is in Sleep mode. To operate in Sleep, the A/D conversion clock must be derived from the A/D's internal RC oscillator.

The A/D module has four registers:

- A/D Result High Register (ADRESH)
- A/D Result Low Register (ADRESL)
- A/D Control Register 0 (ADCON0)
- A/D Control Register 1 (ADCON1)

The ADCON0 register, shown in Register 11-1, controls the operation of the A/D module. The ADCON1 register, shown in Register 11-2, configures the functions of the port pins. The port pins can be configured as analog inputs (RA3 can also be a voltage reference) or as digital I/Os.

Additional information on using the A/D module can be found in the "PIC® Mid-Range MCU Family Reference Manual" (DS33023).

### REGISTER 11-1: ADCON0: A/D CONTROL REGISTER 0 (ADDRESS 1Fh)

R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	U-0	R/W-0
ADCS1	ADCS0	CHS2	CHS1	CHS0	GO/DONE	—	ADON
							bit 0
							bit 7

bit 7-6 **ADCS1:ADCS0:** A/D Conversion Clock Select bits

If ADCS2 = 0:

00 = FOSC/2

01 = FOSC/8

10 = FOSC/32

11 = FRC (clock derived from the internal A/D module RC oscillator)

If ADCS2 = 1:

00 = FOSC/4

01 = FOSC/16

10 = FOSC/64

11 = FRC (clock derived from the internal A/D module RC oscillator)

bit 5-3 **CHS2:CHS0:** Analog Channel Select bits

000 = Channel 0 (RA0/AN0)

001 = Channel 1 (RA1/AN1)

010 = Channel 2 (RA2/AN2)

011 = Channel 3 (RA3/AN3)

100 = Channel 4 (RA4/AN4)

bit 2 **GO/DONE:** A/D Conversion Status bit

If ADON = 1:

1 = A/D conversion in progress (setting this bit starts the A/D conversion)

0 = A/D conversion not in progress (this bit is automatically cleared by hardware when the A/D conversion is complete)

bit 1 **Unimplemented:** Read as '0'

bit 0 **ADON:** A/D On bit

1 = A/D converter module is operating

0 = A/D converter module is shut-off and consumes no operating current

#### Legend:

R = Readable bit

W = Writable bit

U = Unimplemented bit, read as '0'

-n = Value at POR

'1' = Bit is set

'0' = Bit is cleared

x = Bit is unknown



# PIC16F818/819

## REGISTER 11-2: ADCON1: A/D CONTROL REGISTER 1 (ADDRESS 9Fh)

R/W-0	R/W-0	U-0	U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
ADFM	ADCS2	—	—	PCFG3	PCFG2	PCFG1	PCFG0
bit 7				bit 0			

bit 7 **ADFM:** A/D Result Format Select bit  
 1 = Right justified, 6 Most Significant bits of ADRESH are read as '0'  
 0 = Left justified, 6 Least Significant bits of ADRESL are read as '0'

bit 6 **ADCS2:** A/D Clock Divide by 2 Select bit  
 1 = A/D clock source is divided by 2 when system clock is used  
 0 = Disabled

bit 5-4 **Unimplemented:** Read as '0'

bit 3-0 **PCFG<3:0>:** A/D Port Configuration Control bits

PCFG	AN4	AN3	AN2	AN1	AN0	VREF+	VREF-	C/R
0000	A	A	A	A	A	AVDD	AVSS	5/0
0001	A	VREF+	A	A	A	AN3	AVSS	4/1
0010	A	A	A	A	A	AVDD	AVSS	5/0
0011	A	VREF+	A	A	A	AN3	AVSS	4/1
0100	D	A	D	A	A	AVDD	AVSS	3/0
0101	D	VREF+	D	A	A	AN3	AVSS	2/1
011x	D	D	D	D	D	AVDD	AVSS	0/0
1000	A	VREF+	VREF-	A	A	AN3	AN2	3/2
1001	A	A	A	A	A	AVDD	AVSS	5/0
1010	A	VREF+	A	A	A	AN3	AVSS	4/1
1011	A	VREF+	VREF-	A	A	AN3	AN2	3/2
1100	A	VREF+	VREF-	A	A	AN3	AN2	3/2
1101	D	VREF+	VREF-	A	A	AN3	AN2	2/2
1110	D	D	D	D	A	AVDD	AVSS	1/0
1111	D	VREF+	VREF-	D	A	AN3	AN2	1/2

A = Analog input

D = Digital I/O

C/R = Number of analog input channels/Number of A/D voltage references

### Legend:

R = Readable bit

W = Writable bit

U = Unimplemented bit, read as '0'

-n = Value at POR

'1' = Bit is set

'0' = Bit is cleared

x = Bit is unknown

The ADRESH:ADRESL registers contain the result of the A/D conversion. When the A/D conversion is complete, the result is loaded into the A/D Result register pair, the GO/DONE bit (ADCON0<2>) is cleared and A/D Interrupt Flag bit, ADIF, is set. The block diagram of the A/D module is shown in Figure 11-1.

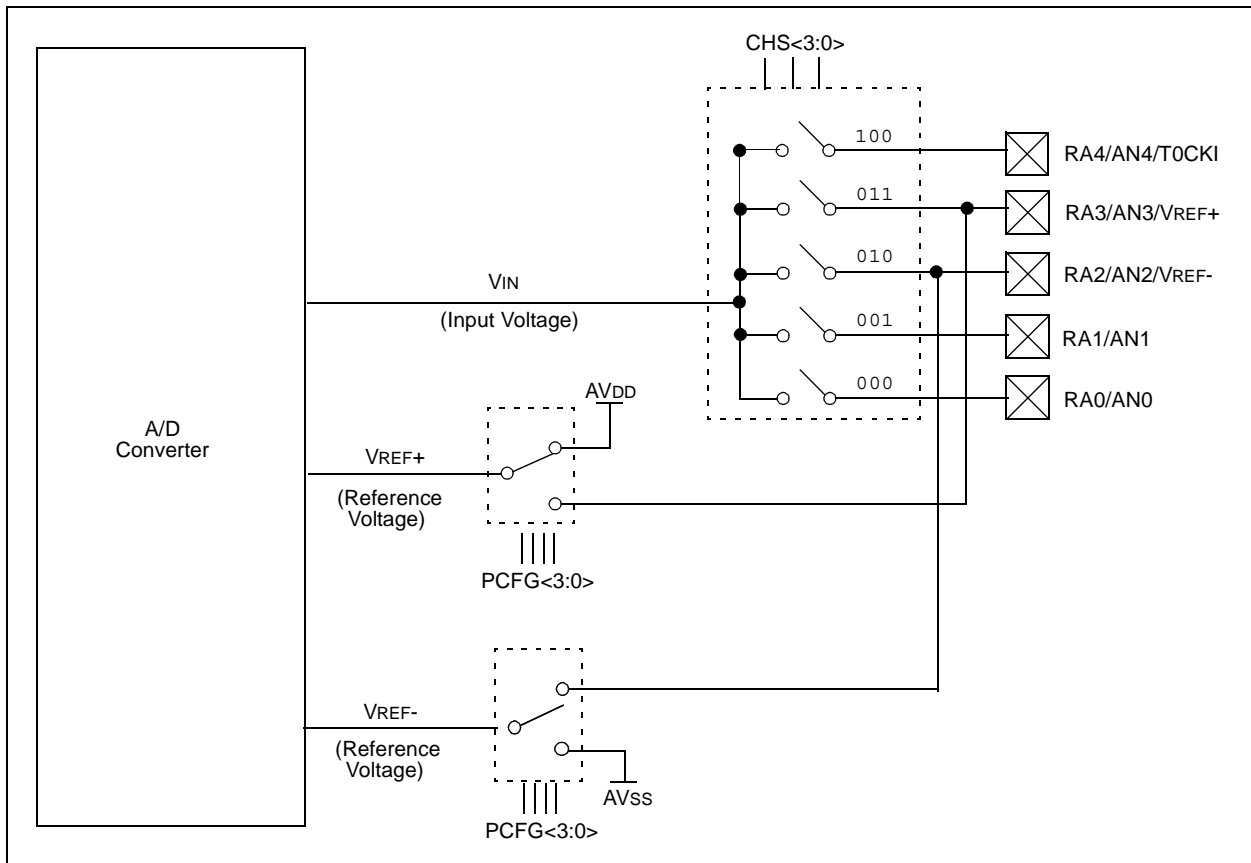
After the A/D module has been configured as desired, the selected channel must be acquired before the conversion is started. The analog input channels must have their corresponding TRIS bits selected as inputs.

To determine sample time, see **Section 11.1 “A/D Acquisition Requirements”**. After this sample time has elapsed, the A/D conversion can be started.

These steps should be followed for doing an A/D conversion:

1. Configure the A/D module:
  - Configure analog pins/voltage reference and digital I/O (ADCON1)
  - Select A/D input channel (ADCON0)
  - Select A/D conversion clock (ADCON0)
  - Turn on A/D module (ADCON0)
2. Configure A/D interrupt (if desired):
  - Clear ADIF bit
  - Set ADIE bit
  - Set GIE bit
3. Wait the required acquisition time.
4. Start conversion:
  - Set GO/DONE bit (ADCON0)
5. Wait for A/D conversion to complete by either:
  - Polling for the GO/DONE bit to be cleared (with interrupts disabled); OR
  - Waiting for the A/D interrupt
6. Read A/D Result register pair (ADRESH:ADRESL), clear bit ADIF if required.
7. For next conversion, go to step 1 or step 2 as required. The A/D conversion time per bit is defined as TAD. A minimum wait of 2 TAD is required before the next acquisition starts.

**FIGURE 11-1: A/D BLOCK DIAGRAM**





# Surface Mount Glass Passivated Rectifier



DO-214AC (SMA)

### FEATURES

- Low profile package
- Ideal for automated placement
- Glass passivated chip junction
- Low forward voltage drop
- Low leakage current
- High forward surge capability
- Meets MSL level 1, per J-STD-020, LF maximum peak of 260 °C
- AEC-Q101 qualified
- Material categorization: For definitions of compliance please see [www.vishay.com/doc?99912](http://www.vishay.com/doc?99912)



RoHS COMPLIANT

PRIMARY CHARACTERISTICS	
$I_{F(AV)}$	1.0 A
$V_{RRM}$	50 V, 100 V, 200 V, 400 V, 600 V, 800 V, 1000 V
$I_{FSM}$	40 A, 30 A
$E_{AS}$	5 mJ
$I_R$	1.0 $\mu$ A, 5.0 $\mu$ A
$V_F$	1.1 V
$T_J$ max.	150 °C
Package	DO-214AC (SMA)
Diode variations	Single die

### TYPICAL APPLICATIONS

For use in general purpose rectification of power supplies, inverters, converters and freewheeling diodes for consumer, automotive, and telecommunication.

### MECHANICAL DATA

**Case:** DO-214AC (SMA)

Molding compound meets UL 94 V-0 flammability rating

Base P/N-E3 - RoHS-compliant, commercial grade

Base P/NHE3\_X - RoHS-compliant and AEC-Q101 qualified ("\_X" denotes revision code e.g. A, B,.....)

**Terminals:** Matte tin plated leads, solderable per J-STD-002 and JESD 22-B102

E3 suffix meets JESD 201 class 2 whisker test, HE3 suffix meets JESD 201 class 2 whisker test

**Polarity:** Color band denotes cathode end

MAXIMUM RATINGS ( $T_A = 25\text{ }^\circ\text{C}$ unless otherwise noted)									
PARAMETER	SYMBOL	S1A	S1B	S1D	S1G	S1J	S1K	S1M	UNIT
Device marking code		SA	SB	SD	SG	SJ	SK	SM	
Maximum recurrent peak reverse voltage	$V_{RRM}$	50	100	200	400	600	800	1000	V
Maximum RMS voltage	$V_{RMS}$	35	70	140	280	420	560	700	V
Maximum DC blocking voltage	$V_{DC}$	50	100	200	400	600	800	1000	V
Maximum average forward rectified current (fig. 1)	$I_{F(AV)}$	1.0							A
Peak forward surge current 8.3 ms single half sine-wave superimposed on rated load	$I_{FSM}$	40					30		A
Non-repetitive peak reverse avalanche energy at 25 °C, $I_{AS} = 1\text{ A}$ , $L = 10\text{ mH}$	$E_{AS}$	5							mJ
Operating junction and storage temperature range	$T_J, T_{STG}$	-55 to +150							°C



ELECTRICAL CHARACTERISTICS (T <sub>A</sub> = 25 °C unless otherwise noted)										
PARAMETER	TEST CONDITIONS	SYMBOL	S1A	S1B	S1D	S1G	S1J	S1K	S1M	UNIT
Maximum instantaneous forward voltage	1.0 A	V <sub>F</sub>	1.1							V
Maximum DC reverse current at rated DC blocking voltage	T <sub>A</sub> = 25 °C	I <sub>R</sub>	1.0					5.0		μA
	T <sub>A</sub> = 125 °C		50							
Typical reverse recovery time	I <sub>F</sub> = 0.5 A, I <sub>R</sub> = 1.0 A, I <sub>rr</sub> = 0.25 A	t <sub>rr</sub>	1.8							μs
Typical junction capacitance	4.0 V, 1 MHz	C <sub>J</sub>	12							pF

THERMAL CHARACTERISTICS (T <sub>A</sub> = 25 °C unless otherwise noted)										
PARAMETER	SYMBOL	S1A	S1B	S1D	S1G	S1J	S1K	S1M	UNIT	
Typical thermal resistance <sup>(1)</sup>	R <sub>θJA</sub>	75					85		°C/W	
	R <sub>θJL</sub>	27					30			

**Note**

<sup>(1)</sup> Thermal resistance from junction to ambient and from junction to lead mounted on PCB with 0.2" x 0.2" (5.0 mm x 5.0 mm) copper pad areas

ORDERING INFORMATION (Example)				
PREFERRED P/N	UNIT WEIGHT (g)	PREFERRED PACKAGE CODE	BASE QUANTITY	DELIVERY MODE
S1J-E3/61T	0.064	61T	1800	7" diameter plastic tape and reel
S1J-E3/5AT	0.064	5AT	7500	13" diameter plastic tape and reel
S1JHE3_A/H <sup>(1)</sup>	0.064	H	1800	7" diameter plastic tape and reel
S1JHE3_A/I <sup>(1)</sup>	0.064	I	7500	13" diameter plastic tape and reel

**Note**

<sup>(1)</sup> AEC-Q101 qualified

**RATINGS AND CHARACTERISTICS CURVES (T<sub>A</sub> = 25 °C unless otherwise noted)**

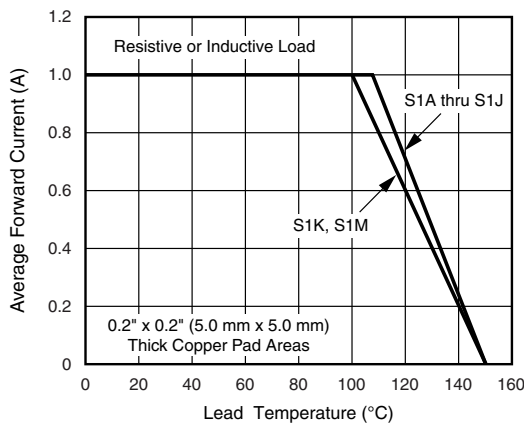


Fig. 1 - Forward Current Derating Curve

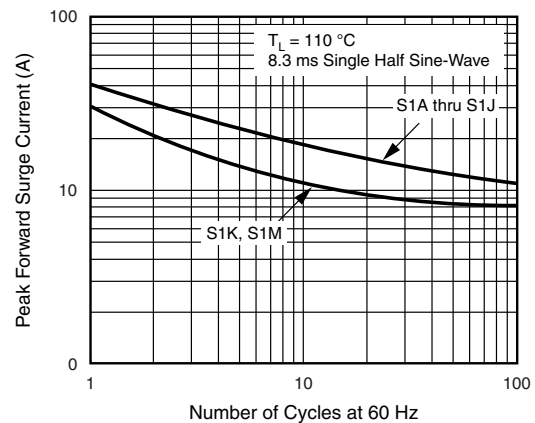


Fig. 2 - Maximum Non-Repetitive Peak Forward Surge Current

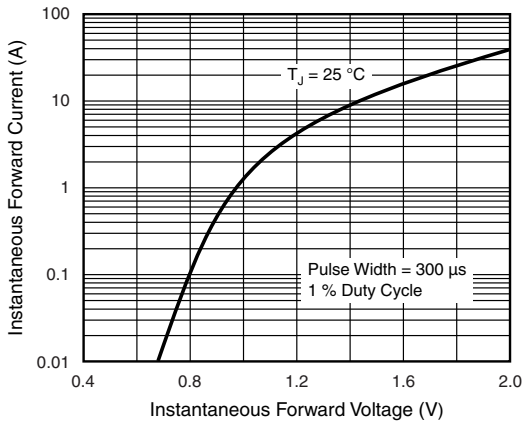


Fig. 3 - Typical Instantaneous Forward Characteristics

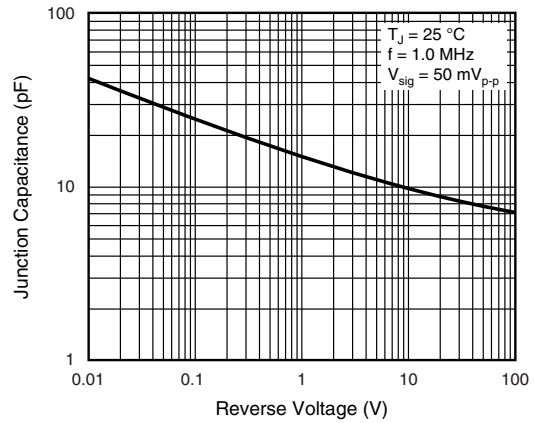


Fig. 5 - Typical Junction Capacitance

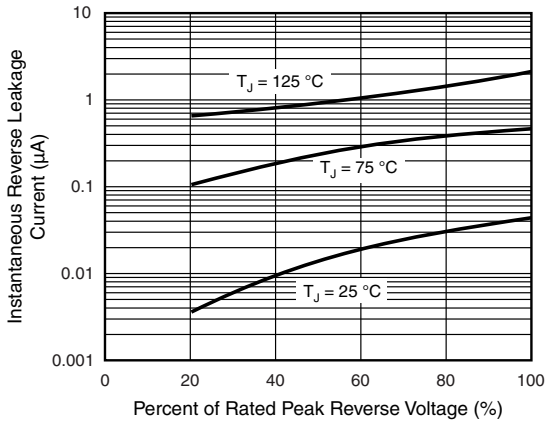


Fig. 4 - Typical Reverse Leakage Characteristics

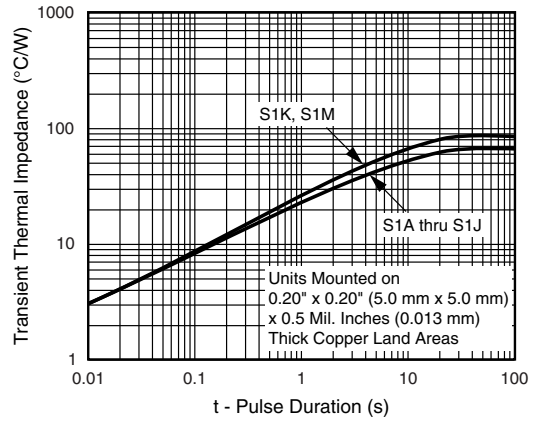
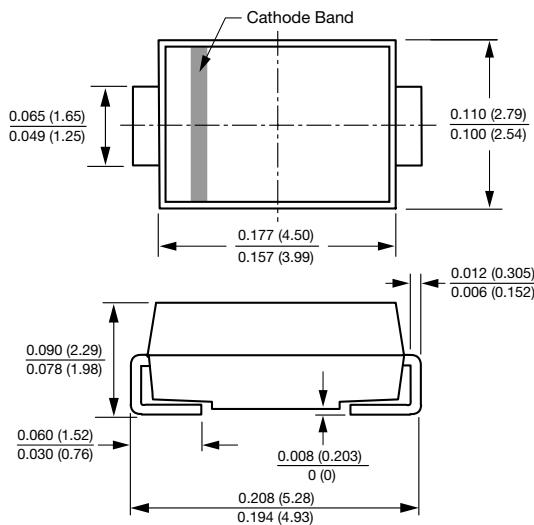


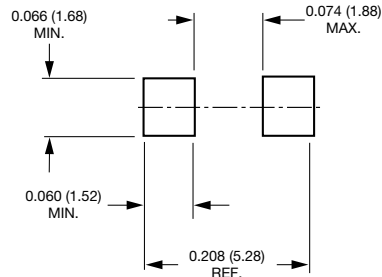
Fig. 6 - Typical Transient Thermal Impedance

## PACKAGE OUTLINE DIMENSIONS in inches (millimeters)

### DO-214AC (SMA)



### Mounting Pad Layout





## Disclaimer

ALL PRODUCT, PRODUCT SPECIFICATIONS AND DATA ARE SUBJECT TO CHANGE WITHOUT NOTICE TO IMPROVE RELIABILITY, FUNCTION OR DESIGN OR OTHERWISE.

Vishay Intertechnology, Inc., its affiliates, agents, and employees, and all persons acting on its or their behalf (collectively, "Vishay"), disclaim any and all liability for any errors, inaccuracies or incompleteness contained in any datasheet or in any other disclosure relating to any product.

Vishay makes no warranty, representation or guarantee regarding the suitability of the products for any particular purpose or the continuing production of any product. To the maximum extent permitted by applicable law, Vishay disclaims (i) any and all liability arising out of the application or use of any product, (ii) any and all liability, including without limitation special, consequential or incidental damages, and (iii) any and all implied warranties, including warranties of fitness for particular purpose, non-infringement and merchantability.

Statements regarding the suitability of products for certain types of applications are based on Vishay's knowledge of typical requirements that are often placed on Vishay products in generic applications. Such statements are not binding statements about the suitability of products for a particular application. It is the customer's responsibility to validate that a particular product with the properties described in the product specification is suitable for use in a particular application. Parameters provided in datasheets and/or specifications may vary in different applications and performance may vary over time. All operating parameters, including typical parameters, must be validated for each customer application by the customer's technical experts. Product specifications do not expand or otherwise modify Vishay's terms and conditions of purchase, including but not limited to the warranty expressed therein.

Except as expressly indicated in writing, Vishay products are not designed for use in medical, life-saving, or life-sustaining applications or for any other application in which the failure of the Vishay product could result in personal injury or death. Customers using or selling Vishay products not expressly indicated for use in such applications do so at their own risk. Please contact authorized Vishay personnel to obtain written terms and conditions regarding products designed for such applications.

No license, express or implied, by estoppel or otherwise, to any intellectual property rights is granted by this document or by any conduct of Vishay. Product names and markings noted herein may be trademarks of their respective owners.

## Material Category Policy

**Vishay Intertechnology, Inc. hereby certifies that all its products that are identified as RoHS-Compliant fulfill the definitions and restrictions defined under Directive 2011/65/EU of The European Parliament and of the Council of June 8, 2011 on the restriction of the use of certain hazardous substances in electrical and electronic equipment (EEE) - recast, unless otherwise specified as non-compliant.**

**Please note that some Vishay documentation may still make reference to RoHS Directive 2002/95/EC. We confirm that all the products identified as being compliant to Directive 2002/95/EC conform to Directive 2011/65/EU.**

**Vishay Intertechnology, Inc. hereby certifies that all its products that are identified as Halogen-Free follow Halogen-Free requirements as per JEDEC JS709A standards. Please note that some Vishay documentation may still make reference to the IEC 61249-2-21 definition. We confirm that all the products identified as being compliant to IEC 61249-2-21 conform to JEDEC JS709A standards.**

## μA78L00 Series Positive-Voltage Regulators

Check for Samples: [μA78L00](#)

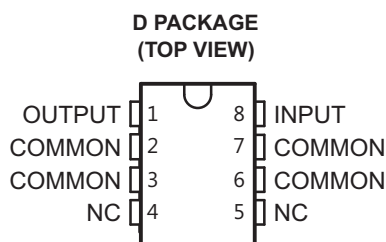
### FEATURES

- 3-Terminal Regulators
- Output Current up to 100 mA
- No External Components
- Internal Thermal-Overload Protection
- Internal Short-Circuit Current Limiting

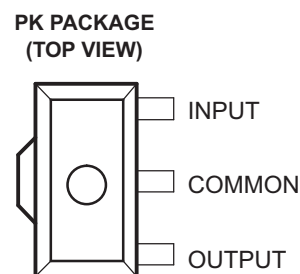
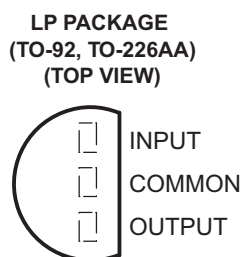
### DESCRIPTION

This series of fixed-voltage integrated-circuit voltage regulators is designed for a wide range of applications. These applications include on-card regulation for elimination of noise and distribution problems associated with single-point regulation. In addition, they can be used with power-pass elements to make high-current voltage regulators. One of these regulators can deliver up to 100 mA of output current. The internal limiting and thermal-shutdown features of these regulators essentially make them immune to overload. When used as a replacement for a Zener diode-resistor combination, an effective improvement in output impedance can be obtained, together with lower bias current.

The μA78L00C and μA78L00AC series devices are characterized for operation over the virtual junction temperature range of 0°C to 125°C. The μA78L05AI device is characterized for operation over the virtual junction temperature range of -40°C to 125°C.



NC – No internal connection



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.

# μA78L00

SLVS010U – JANUARY 1976 – REVISED MAY 2011

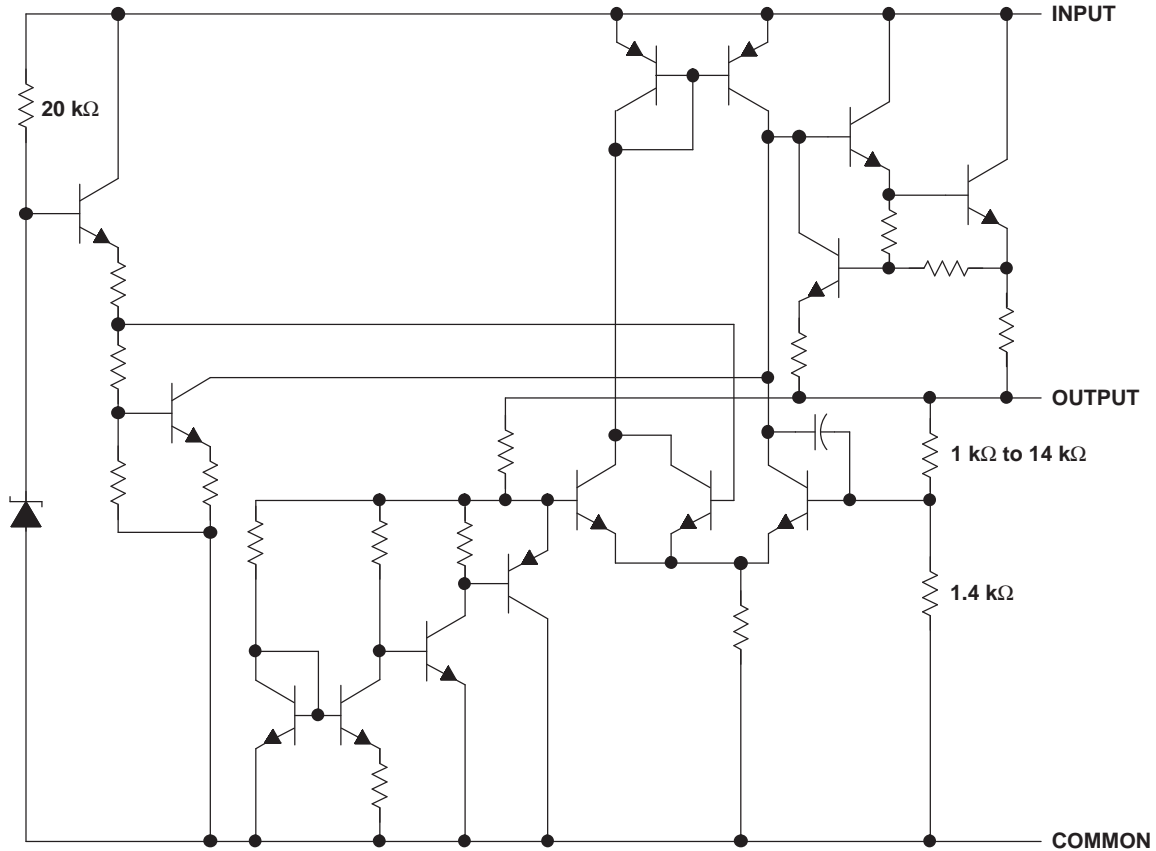
[www.ti.com](http://www.ti.com)



This integrated circuit can be damaged by ESD. Texas Instruments recommends that all integrated circuits be handled with appropriate precautions. Failure to observe proper handling and installation procedures can cause damage.

ESD damage can range from subtle performance degradation to complete device failure. Precision integrated circuits may be more susceptible to damage because very small parametric changes could cause the device not to meet its published specifications.

## Schematic



NOTE: Resistor values shown are nominal.



## Absolute Maximum Ratings<sup>(1)</sup>

over virtual junction temperature range (unless otherwise noted)

		MIN	MAX	UNIT
V <sub>I</sub>	Input voltage	μA78L02AC, μA78L05C–μA78L09C, μA78L10AC		30
		μA78L12C, μA78L12AC, μA78L15C, μA78L15AC		35
T <sub>J</sub>	Virtual junction temperature		150	°C
T <sub>stg</sub>	Storage temperature range	–65	150	°C

- (1) 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.

## Package Thermal Data<sup>(1)</sup>

PACKAGE	BOARD	θ <sub>JC</sub>	θ <sub>JA</sub>
SOIC (D)	High K, JESD 51-7	39°C/W	97°C/W
TO-92/TO-226AA (LP)	High K, JESD 51-7	55°C/W	140°C/W
SOT-89 (PK)	High K, JESD 51-7	9°C/W	52°C/W

- (1) Maximum power dissipation is a function of T<sub>J(max)</sub>, θ<sub>JA</sub>, and T<sub>A</sub>. The maximum allowable power dissipation at any allowable ambient temperature is P<sub>D</sub> = (T<sub>J(max)</sub> – T<sub>A</sub>)/θ<sub>JA</sub>. Operating at the absolute maximum T<sub>J</sub> of 150°C can affect reliability. Due to variations in individual device electrical characteristics and thermal resistance, the built-in thermal-overload protection may be activated at power levels slightly above or below the rated dissipation.

## Recommended Operating Conditions

		MIN	MAX	UNIT
V <sub>I</sub>	Input voltage	μA78L02AC		V
		μA78L05C, μA78L05AC		
		μA78L06C, μA78L06AC		
		μA78L08C, μA78L08AC		
		μA78L09C, μA78L09AC		
		μA78L10AC		
		μA78L12C, μA78L12AC		
		μA78L15C, μA78L15AC		
I <sub>O</sub>	Output current		100	mA
T <sub>J</sub>	Operating virtual junction temperature	μA78LxxC and μA78LxxAC series		°C
		μA78L05AI		

# μA78L00

SLVS010U – JANUARY 1976 – REVISED MAY 2011

www.ti.com

## μA78L02 Electrical Characteristics

at specified virtual junction temperature,  $V_I = 9\text{ V}$ ,  $I_O = 40\text{ mA}$  (unless otherwise noted)

PARAMETER	TEST CONDITIONS	$T_J^{(1)}$	μA78L02AC			UNIT
			MIN	TYP	MAX	
Output voltage	$V_I = 4.75\text{ V to }20\text{ V}$ , $I_O = 1\text{ mA to }40\text{ mA}$	25°C	2.5	2.6	2.7	V
		0°C to 125°C	2.45		2.75	
	$I_O = 1\text{ mA to }70\text{ mA}$	0°C to 125°C	2.45		2.75	
Input voltage regulation	$V_I = 4.75\text{ V to }20\text{ V}$	25°C		20	100	mV
	$V_I = 5\text{ V to }20\text{ V}$			16	75	
Ripple rejection	$V_I = 6\text{ V to }20\text{ V}$ , $f = 120\text{ Hz}$	25°C	43	51		dB
Output voltage regulation	$I_O = 1\text{ mA to }100\text{ mA}$	25°C		12	50	mV
	$I_O = 1\text{ mA to }40\text{ mA}$			6	25	
Output noise voltage	$f = 10\text{ Hz to }100\text{ kHz}$	25°C		30		μV
Dropout voltage		25°C		1.7		V
Bias current		25°C		3.6	6	mA
		125°C			5.5	
Bias current change	$V_I = 5\text{ V to }20\text{ V}$	0°C to 125°C			2.5	mA
	$I_O = 1\text{ mA to }40\text{ mA}$				0.1	

(1) Pulse-testing techniques maintain  $T_J$  as close to  $T_A$  as possible. Thermal effects must be taken into account separately. All characteristics are measured with a 0.33-μF capacitor across the input and a 0.1-μF capacitor across the output.

## μA78L05 Electrical Characteristics

at specified virtual junction temperature,  $V_I = 10\text{ V}$ ,  $I_O = 40\text{ mA}$  (unless otherwise noted)

PARAMETER	TEST CONDITIONS	$T_J^{(1)}$	μA78L05C			μA78L05AC μA78L05AI			UNIT
			MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	
Output voltage	$V_I = 7\text{ V to }20\text{ V}$ , $I_O = 1\text{ mA to }40\text{ mA}$	25°C	4.6	5	5.4	4.8	5	5.2	V
		Full range	4.5		5.5	4.75		5.25	
	$I_O = 1\text{ mA to }70\text{ mA}$	Full range	4.5		5.5	4.75		5.25	
Input voltage regulation	$V_I = 7\text{ V to }20\text{ V}$	25°C		32	200		32	150	mV
	$V_I = 8\text{ V to }20\text{ V}$			26	150		26	100	
Ripple rejection	$V_I = 8\text{ V to }18\text{ V}$ , $f = 120\text{ Hz}$	25°C	40	49		41	49		dB
Output voltage regulation	$I_O = 1\text{ mA to }100\text{ mA}$	25°C		15	60		15	60	mV
	$I_O = 1\text{ mA to }40\text{ mA}$			8	30		8	30	
Output noise voltage	$f = 10\text{ Hz to }100\text{ kHz}$	25°C		42			42		μV
Dropout voltage		25°C		1.7			1.7		V
Bias current		25°C		3.8	6		3.8	6	mA
		125°C			5.5			5.5	
Bias current change	$V_I = 8\text{ V to }20\text{ V}$	Full range			1.5			1.5	mA
	$I_O = 1\text{ mA to }40\text{ mA}$				0.2			0.1	

(1) Pulse-testing techniques maintain  $T_J$  as close to  $T_A$  as possible. Thermal effects must be taken into account separately. All characteristics are measured with a 0.33-μF capacitor across the input and a 0.1-μF capacitor across the output. Full range for the μA78L05AC is  $T_J = 0^\circ\text{C to }125^\circ\text{C}$ , and full range for the μA78L05AI is  $T_J = -40^\circ\text{C to }125^\circ\text{C}$ .

### μA78L06 Electrical Characteristics

at specified virtual junction temperature,  $V_I = 12\text{ V}$ ,  $I_O = 40\text{ mA}$  (unless otherwise noted)

PARAMETER	TEST CONDITIONS	$T_J^{(1)}$	μA78L06C			μA78L06AC			UNIT
			MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	
Output voltage	$V_I = 8.5\text{ V to }20\text{ V}$ , $I_O = 1\text{ mA to }40\text{ mA}$	25°C	5.7	6.2	6.7	5.95	6.2	6.45	V
		0°C to 125°C	5.6		6.8	5.9		6.5	
	$I_O = 1\text{ mA to }70\text{ mA}$	0°C to 125°C	5.6		6.8	5.9		6.5	
Input voltage regulation	$V_I = 8.5\text{ V to }20\text{ V}$	25°C		35	200		35	175	mV
	$V_I = 9\text{ V to }20\text{ V}$			29	150		29	125	
Ripple rejection	$V_I = 10\text{ V to }20\text{ V}$ , $f = 120\text{ Hz}$	25°C	39	48		40	48		dB
Output voltage regulation	$I_O = 1\text{ mA to }100\text{ mA}$	25°C		16	80		16	80	mV
	$I_O = 1\text{ mA to }40\text{ mA}$			9	40		9	40	
Output noise voltage	$f = 10\text{ Hz to }100\text{ kHz}$	25°C		46			46		μV
Dropout voltage		25°C		1.7			1.7		V
Bias current		25°C		3.9	6		3.9	6	mA
		125°C			5.5			5.5	
Bias current change	$V_I = 9\text{ V to }20\text{ V}$	0°C to 125°C			1.5			1.5	mA
	$I_O = 1\text{ mA to }40\text{ mA}$				0.2			0.1	

(1) Pulse-testing techniques maintain  $T_J$  as close to  $T_A$  as possible. Thermal effects must be taken into account separately. All characteristics are measured with a 0.33-μF capacitor across the input and a 0.1-μF capacitor across the output.

### μA78L08 Electrical Characteristics

at specified virtual junction temperature,  $V_I = 14\text{ V}$ ,  $I_O = 40\text{ mA}$  (unless otherwise noted)

PARAMETER	TEST CONDITIONS	$T_J^{(1)}$	μA78L08C			μA78L08AC			UNIT
			MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	
Output voltage	$V_I = 10.5\text{ V to }23\text{ V}$ , $I_O = 1\text{ mA to }40\text{ mA}$	25°C	7.36	8	8.64	7.7	8	8.3	V
		0°C to 125°C	7.2		8.8	7.6		8.4	
	$I_O = 1\text{ mA to }70\text{ mA}$	0°C to 125°C	7.2		8.8	7.6		8.4	
Input voltage regulation	$V_I = 10.5\text{ V to }23\text{ V}$	25°C		42	200		42	175	mV
	$V_I = 11\text{ V to }23\text{ V}$			36	150		36	125	
Ripple rejection	$V_I = 13\text{ V to }23\text{ V}$ , $f = 120\text{ Hz}$	25°C	36	46		37	46		dB
Output voltage regulation	$I_O = 1\text{ mA to }100\text{ mA}$	25°C		18	80		18	80	mV
	$I_O = 1\text{ mA to }40\text{ mA}$			10	40		10	40	
Output noise voltage	$f = 10\text{ Hz to }100\text{ kHz}$	25°C		54			54		μV
Dropout voltage		25°C		1.7			1.7		V
Bias current		25°C		4	6		4	6	mA
		125°C			5.5			5.5	
Bias current change	$V_I = 11\text{ V to }23\text{ V}$	0°C to 125°C			1.5			1.5	mA
	$I_O = 1\text{ mA to }40\text{ mA}$				0.2			0.1	

(1) Pulse-testing techniques maintain  $T_J$  as close to  $T_A$  as possible. Thermal effects must be taken into account separately. All characteristics are measured with a 0.33-μF capacitor across the input and a 0.1-μF capacitor across the output.

# μA78L00

SLVS010U – JANUARY 1976 – REVISED MAY 2011

www.ti.com

## μA78L09 Electrical Characteristics

at specified virtual junction temperature,  $V_I = 16\text{ V}$ ,  $I_O = 40\text{ mA}$  (unless otherwise noted)

PARAMETER	TEST CONDITIONS	$T_J^{(1)}$	μA78L09C			μA78L09AC			UNIT
			MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	
Output voltage	$V_I = 12\text{ V to }24\text{ V}$ , $I_O = 1\text{ mA to }40\text{ mA}$	25°C	8.3	9	9.7	8.6	9	9.4	V
		0°C to 125°C	8.1		9.9	8.55		9.45	
	$I_O = 1\text{ mA to }70\text{ mA}$	0°C to 125°C	8.1		9.9	8.55		9.45	
Input voltage regulation	$V_I = 12\text{ V to }24\text{ V}$	25°C		45	225		45	175	mV
	$V_I = 13\text{ V to }24\text{ V}$			40	175		40	125	
Ripple rejection	$V_I = 15\text{ V to }25\text{ V}$ , $f = 120\text{ Hz}$	25°C	36	45		38	45		dB
Output voltage regulation	$I_O = 1\text{ mA to }100\text{ mA}$	25°C		19	90		19	90	mV
	$I_O = 1\text{ mA to }40\text{ mA}$			11	40		11	40	
Output noise voltage	$f = 10\text{ Hz to }100\text{ kHz}$	25°C		58			58		μV
Dropout voltage		25°C		1.7			1.7		V
Bias current		25°C		4.1	6		4.1	6	mA
		125°C			5.5			5.5	
Bias current change	$V_I = 13\text{ V to }24\text{ V}$	0°C to 125°C			1.5			1.5	mA
	$I_O = 1\text{ mA to }40\text{ mA}$				0.2			0.1	

(1) Pulse-testing techniques maintain  $T_J$  as close to  $T_A$  as possible. Thermal effects must be taken into account separately. All characteristics are measured with a 0.33-μF capacitor across the input and a 0.1-μF capacitor across the output.

## μA78L10 Electrical Characteristics

at specified virtual junction temperature,  $V_I = 14\text{ V}$ ,  $I_O = 40\text{ mA}$  (unless otherwise noted)

PARAMETER	TEST CONDITIONS	$T_J^{(1)}$	μA78L10AC			UNIT
			MIN	TYP	MAX	
Output voltage	$V_I = 13\text{ V to }25\text{ V}$ , $I_O = 1\text{ mA to }40\text{ mA}$	25°C	9.6	10	10.4	V
		0°C to 125°C	9.5		10.5	
	$I_O = 1\text{ mA to }70\text{ mA}$	0°C to 125°C	9.5		10.5	
Input voltage regulation	$V_I = 13\text{ V to }25\text{ V}$	25°C		51	175	mV
	$V_I = 14\text{ V to }25\text{ V}$			42	125	
Ripple rejection	$V_I = 15\text{ V to }25\text{ V}$ , $f = 120\text{ Hz}$	25°C	37	44		dB
Output voltage regulation	$I_O = 1\text{ mA to }100\text{ mA}$	25°C		20	90	mV
	$I_O = 1\text{ mA to }40\text{ mA}$			11	40	
Output noise voltage	$f = 10\text{ Hz to }100\text{ kHz}$	25°C		62		μV
Dropout voltage		25°C		1.7		V
Bias current		25°C		4.2	6	mA
		125°C			5.5	
Bias current change	$V_I = 14\text{ V to }25\text{ V}$	0°C to 125°C			1.5	mA
	$I_O = 1\text{ mA to }40\text{ mA}$				0.1	

(1) Pulse-testing techniques maintain  $T_J$  as close to  $T_A$  as possible. Thermal effects must be taken into account separately. All characteristics are measured with a 0.33-μF capacitor across the input and a 0.1-μF capacitor across the output.

## μA78L12 Electrical Characteristics

at specified virtual junction temperature,  $V_I = 19\text{ V}$ ,  $I_O = 40\text{ mA}$  (unless otherwise noted)

PARAMETER	TEST CONDITIONS	$T_J^{(1)}$	μA78L12C			μA78L12AC			UNIT
			MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	
Output voltage	$V_I = 14\text{ V to }27\text{ V}$ , $I_O = 1\text{ mA to }40\text{ mA}$	25°C	11.1	12	12.9	11.5	12	12.5	V
		0°C to 125°C	10.8		13.2	11.4		12.6	
	0°C to 125°C	10.8		13.2	11.4		12.6		
Input voltage regulation	$V_I = 14.5\text{ V to }27\text{ V}$	25°C	55		250	55		250	mV
	$V_I = 16\text{ V to }27\text{ V}$		49		200	49		200	
Ripple rejection	$V_I = 15\text{ V to }25\text{ V}$ , $f = 120\text{ Hz}$	25°C	36	42		37	42		dB
Output voltage regulation	$I_O = 1\text{ mA to }100\text{ mA}$	25°C	22		100	22		100	mV
	$I_O = 1\text{ mA to }40\text{ mA}$		13		50	13		50	
Output noise voltage	$f = 10\text{ Hz to }100\text{ kHz}$	25°C	70			70			μV
Dropout voltage		25°C	1.7			1.7			V
Bias current		25°C	4.3		6.5	4.3		6.5	mA
		125°C			6			6	
Bias current change	$V_I = 16\text{ V to }27\text{ V}$	0°C to 125°C			1.5			1.5	mA
	$I_O = 1\text{ mA to }40\text{ mA}$				0.2			0.1	

(1) Pulse-testing techniques maintain  $T_J$  as close to  $T_A$  as possible. Thermal effects must be taken into account separately. All characteristics are measured with a 0.33-μF capacitor across the input and a 0.1-μF capacitor across the output.

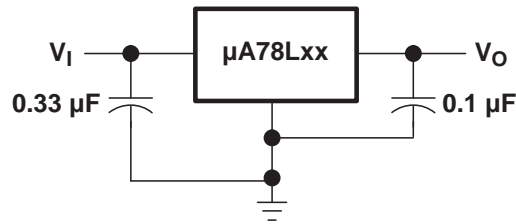
## μA78L15 Electrical Characteristics

at specified virtual junction temperature,  $V_I = 23\text{ V}$ ,  $I_O = 40\text{ mA}$  (unless otherwise noted)

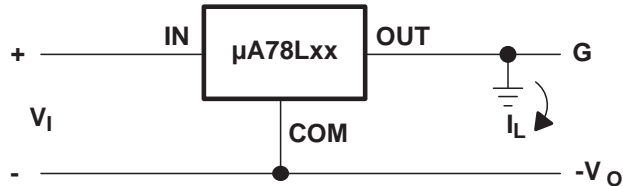
PARAMETER	TEST CONDITIONS	$T_J^{(1)}$	μA78L15C			μA78L15AC			UNIT
			MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	
Output voltage	$V_I = 17.5\text{ V to }30\text{ V}$ , $I_O = 1\text{ mA to }40\text{ mA}$	25°C	13.8	15	16.2	14.4	15	15.6	V
		0°C to 125°C	13.5		16.5	14.25		15.75	
	0°C to 125°C	13.5		16.5	14.25		15.75		
Input voltage regulation	$V_I = 17.5\text{ V to }30\text{ V}$	25°C	65		300	65		300	mV
	$V_I = 20\text{ V to }30\text{ V}$		58		250	58		250	
Ripple rejection	$V_I = 18.5\text{ V to }28.5\text{ V}$ , $f = 120\text{ Hz}$	25°C	33	39		34	39		dB
Output voltage regulation	$I_O = 1\text{ mA to }100\text{ mA}$	25°C	25		150	25		150	mV
	$I_O = 1\text{ mA to }40\text{ mA}$		15		75	15		75	
Output noise voltage	$f = 10\text{ Hz to }100\text{ kHz}$	25°C	82			82			μV
Dropout voltage		25°C	1.7			1.7			V
Bias current		25°C	4.6		6.5	4.6		6.5	mA
		125°C			6			6	
Bias current change	$V_I = 10\text{ V to }30\text{ V}$	0°C to 125°C			1.5			1.5	mA
	$I_O = 1\text{ mA to }40\text{ mA}$				0.2			0.1	

(1) Pulse-testing techniques maintain  $T_J$  as close to  $T_A$  as possible. Thermal effects must be taken into account separately. All characteristics are measured with a 0.33-μF capacitor across the input and a 0.1-μF capacitor across the output.

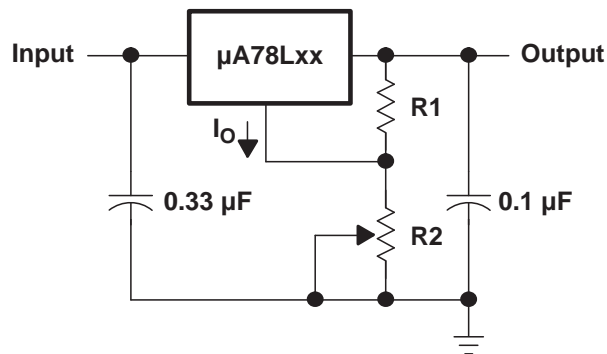
**APPLICATION INFORMATION**



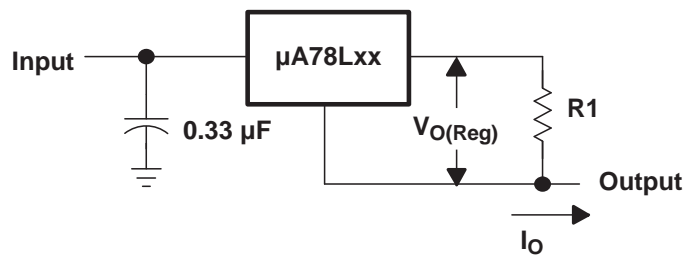
**Figure 1. Fixed-Output Regulator**



**Figure 2. Positive Regulator in Negative Configuration (V<sub>I</sub> Must Float)**



**Figure 3. Adjustable-Output Regulator**



$$I_O = (V_O/R1) + I_O \text{ Bias Current}$$

**Figure 4. Current Regulator**

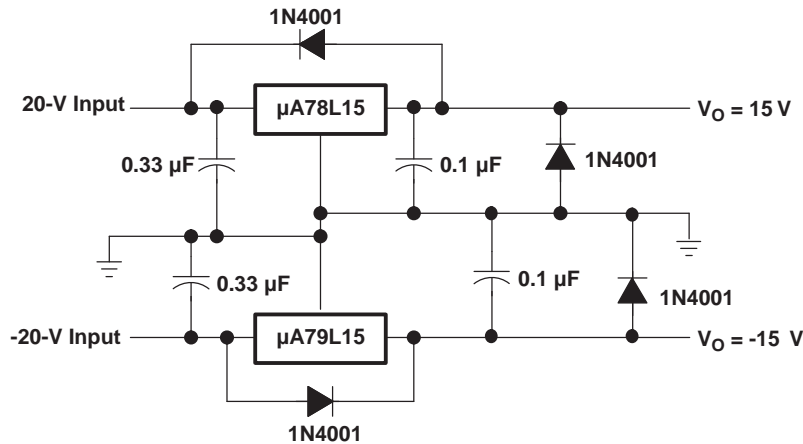


Figure 5. Regulated Dual Supply

### Operation With a Load Common to a Voltage of Opposite Polarity

In many cases, a regulator powers a load that is not connected to ground, but instead, is connected to a voltage source of opposite polarity (for example, operational amplifiers, level-shifting circuits, and so on). In these cases, a clamp diode should be connected to the regulator output as shown in Figure 6. This protects the regulator from output polarity reversals during startup and short-circuit operation.

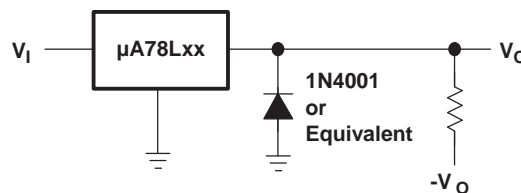


Figure 6. Output Polarity-Reversal-Protection Circuit

### Reverse-Bias Protection

Occasionally, the input voltage to the regulator can collapse faster than the output voltage. This can occur, for example, when the input supply is crowbarred during an output overvoltage condition. If the output voltage is greater than approximately 7 V, the emitter-base junction of the series-pass element (internal or external) could break down and be damaged. To prevent this, a diode shunt can be employed as shown in Figure 7.

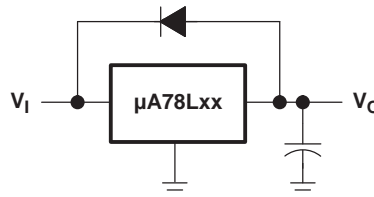


Figure 7. Reverse-Bias-Protection Circuit

**REVISION HISTORY**

<b>Changes from Revision T (May 2011) to Revision U</b>	<b>Page</b>
• Updated document to new TI data sheet format - no specification changes. ....	1
• Added ESD warning. ....	2
• Deleted Ordering Information table. ....	2