

Universidad de Costa Rica

Facultad de Ingeniería

Escuela de Ingeniería Eléctrica

IE-0624 – Laboratorio de Microcontroladores

Prof. MSc. Marco Villalta Fallas

III Ciclo 2022

Laboratorio 1

Introducción a microcontroladores y manejo de GPIOS

Alexa Carmona Buzo B91643

14 de enero de 2023

# 1. Introducción

En este laboratorio se utiliza un microcontrolador PIC12f675 para simular el lanzamiento de un dado con un botón y un set de LEDs. Se hace énfasis en la configuración e inicialización del microcontrolador, el diseño de las seis caras del dado, la protección de los LEDs y el microcontrolador por medio de resistencias, y la prevención de bouncing provocado por el botón a la entrada. Se observó que a nivel de software el algoritmo de generación de números aleatorios no puede sobrepasar las capacidades de memoria del microcontrolador ni utilizar operaciones de multiplicación o división; además, se confirma por medio de mediciones que los valores de tensión y corriente en la entrada y salida están cerca de los valores estimados y permiten la correcta operación del dado. A partir de las mediciones y simulaciones se concluye que es viable crear un dado con cierto nivel de aleatoriedad por medio de un microcontrolador simple y de bajo costo con un rendimiento aceptable a nivel de fiabilidad y velocidad. Además se concluye que las resistencias de pull-down y los filtros RC son opciones de fácil diseño e implementación para mejorar el rendimiento de circuitos basados en microcontroladores.

---

Link al repositorio: <https://github.com/alebuzo/microcontroladores-lab-1.git>

## 2. Nota teórica

### 2.1. Características generales del microcontrolador

Para este laboratorio se utilizó un microcontrolador PIC12f675 de 8 bits de tipo CMOS con arquitectura RISC con un set de instrucciones de 35. Este microcontrolador está diseñado para ser utilizado en aplicaciones simples; por esta razón es usualmente utilizado en contextos de aprendizaje y experimentación. El dispositivo posee un rápido ciclo de reescritura de memoria flash, dicha memoria tiene un tamaño de 1.75 kB, 6 pines GPIO diseñados para manejar una corriente máxima de 25 mA [1]. Por otro lado, posee 4 canales para el convertidor analógico-digital de 10 bits, un canal comparador y 128 bytes de memoria de datos EEPROM, también posee un oscilador interno de 4 MHz calibrado al 1 % y soporta osciladores externos como cristales y resonadores. Otras características consisten en su modo reposo para el ahorro de energía, Watchdog Timer con oscilador independiente, Brown-out Detect, pull-ups débiles programables, temporizadores de encendido (PWRT) y de inicio del oscilador (OST) [2].

### 2.2. Diagrama de bloques

La siguiente figura muestra el diagrama de bloques del microcontrolador.

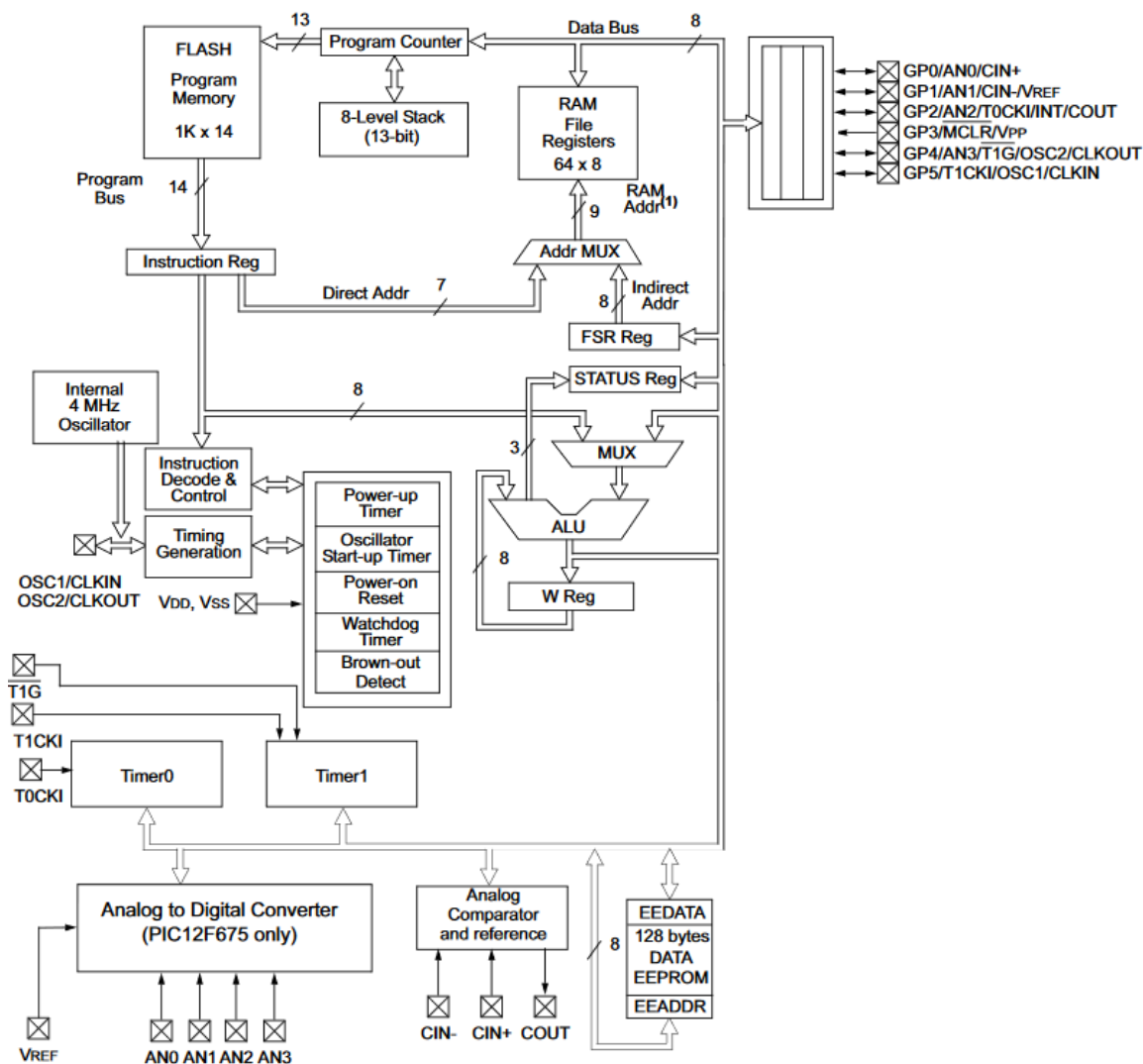


Figura 1: Diagrama de bloques del microcontrolador PIC12f675 [2]

## 2.3. Diagrama de pines

El PIC12f675 posee 8 pines con múltiples funciones como se muestra en el siguiente diagrama.

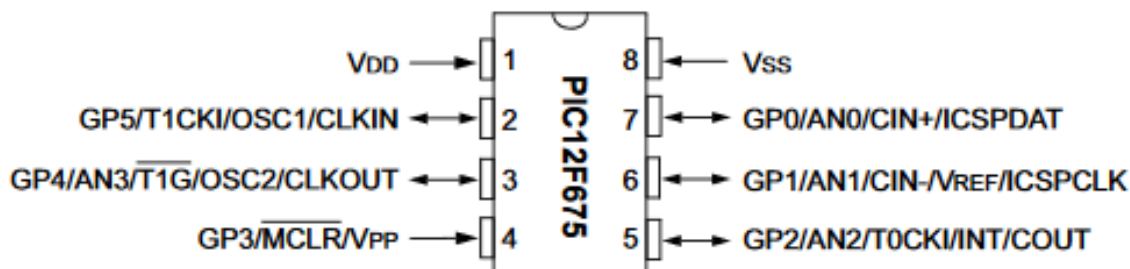


Figura 2: Diagrama de pines del microcontrolador PIC12f675 [2]

La siguiente tabla muestra las funciones de cada pin [1].

Pin	Función	Descripción
1	V_DD	Fuente de energía
2	GP5/T1CKI/OSC1	GP5: I/O pin 5 T1CKI: Input del temporizador 1 OSC1: Oscilador 1 CLKI: Input del reloj externo
3	GP4/ AN3/ T1G/ OSC2/ CLKOUT	GP4: I/O pin 4 AN3: Input analógico 3 T1G: Compuerta del temporizador 1 OSC2: Oscilador 2 CLKO: Output de la fuente del reloj
4	GP3/MCLR/VPP	GP3: I/O pin 3 MCLR: Reset pin VPP: Voltaje de programa
5	GP2/AN2/T0CKI/INT/COU	GP2: I/O pin 2 AN2: Input analógico 2 T0CKI: Input del temporizador 0 INT: Interruptor externo COUT: Output del comparador
6	GP1/AN1/CIN-/VREF/ICSPCLK	GP1: I/O pin 1 AN1: Input analógico 1 CIN-: Input del comparador VREF: Voltaje de referencia externo ICSPCLK: Reloj de programación en serie
7	GP0/AN0/CIN+/ICSPDAT	GP0: I/O pin 0 AN0: Input analógico 0 CIN+: Input del comparador ICSPDAT: Datos I/O del programador serial
8	V_SS	Tierra

## 2.4. Características eléctricas

La siguiente tabla muestra los valores de las especificaciones eléctricas del microcontrolador [2].

Característica	Valor Máximo
Tensión en V_DD con respecto a V_SS	-0.3 a +6.5 V
Tensión en MCLR con respecto a V_SS	-0.3 a +13.5V
Disipación total de potencia	800 mW
Máxima corriente fuera del pin V_SS	300 mA
Máxima corriente hacia el pin V_DD	250 mA
Corriente de entrada clamp I_IK	\pm 20 mA
Corriente de salida clamp I_OK	\pm 20 mA
Corriente máxima de salida drenada por los pines I/O	25 mA
Corriente máxima de salida como fuente por los pines I/O	25 mA
Corriente máxima drenada por todos los GPIO	125 mA
Corriente máxima de fuente dada por todos los GPIO	125 mA

Las demás características eléctricas del microcontrolador pueden ser encontradas en la sección 12 de la hoja de datos adjunta en los apéndices.

## 2.5. Periféricos utilizados

### 2.5.1. GPIO

El registro GPIO es un puerto bi direccional, se utiliza para definir el status de los pines y escribir al latch de salida. Si el bit correspondiente al GP se mantiene en bajo (0) el pin estará en bajo, si el bit está en alto (1), su pin también estará en alto.

**REGISTER 3-1: GPIO — GPIO REGISTER (ADDRESS: 05h)**

U-0	U-0	R/W-x	R/W-x	R/W-x	R/W-x	R/W-x	R/W-x
—	—	GPIO5	GPIO4	GPIO3	GPIO2	GPIO1	GPIO0
bit 7							
							bit 0

bit 7-6: **Unimplemented:** Read as '0'

bit 5-0: **GPIO<5:0>:** General Purpose I/O pin.  
 1 = Port pin is >V<sub>IH</sub>  
 0 = Port pin is <V<sub>IL</sub>

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

Figura 3: Registro GPIO[2]

### 2.5.2. TRISIO

El registro TRISIO se utiliza para indicar el modo de operación de cada pin, donde un bit en alto indica que el pin es una entrada (1) y un bit en bajo (0) indica que es una salida. La excepción es el GP3 ya que este solo tiene modo entrada y por lo tanto se lee en alto siempre.

**REGISTER 3-2: TRISIO — GPIO TRISTATE REGISTER (ADDRESS: 85h)**

U-0	U-0	R/W-x	R/W-x	R-1	R/W-x	R/W-x	R/W-x
—	—	TRISIO5	TRISIO4	TRISIO3	TRISIO2	TRISIO1	TRISIO0
bit 7							
							bit 0

bit 7-6: **Unimplemented:** Read as '0'

bit 5-0: **TRISIO<5:0>:** General Purpose I/O Tri-State Control bit  
 1 = GPIO pin configured as an input (tri-stated)  
 0 = GPIO pin configured as an output.  
**Note:** TRISIO<3> always reads 1.

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

Figura 4: Registro TRISIO [2]

### 2.5.3. CONFIG

El registro de configuración se encuentra fuera del espacio de memoria del programa y pertenece al espacio de configuración de memoria y se accede durante la programación. Por defecto sus valores están en alto y se utilizan para habilitar y deshabilitar ciertas funciones del microcontrolador.

**REGISTER 9-1: CONFIG — CONFIGURATION WORD (ADDRESS: 2007h)**

R/P-1	R/P-1	U-0	U-0	U-0	R/P-1	R/P-1	R/P-1	R/P-1	R/P-1	R/P-1	R/P-1	R/P-1	R/P-1	
BG1	BG0	—	—	—	$\overline{\text{CPD}}$	$\overline{\text{CP}}$	BODEN	MCLRE	$\overline{\text{PWRTÉ}}$	WDTE	F0SC2	F0SC1	F0SC0	
bit 13														bit 0

Figura 5: Registro CONFIG [2]

#### 2.5.4. Configuraciones del proyecto

En este caso se necesita un pin de entrada y 5 pines de salida, lo cual se configura en el TRISIO como 0b00100000, se mantienen todos los pines en bajo mediante el GPIO con el valor 0x00. En el caso del registro CONFIG se modifica el Watchdog Timer, ya que este envía una señal de reset al MCU en caso de malfuncionamientos [3].

```
typedef unsigned int word;
word __at 0x2007 __CONFIG = (_WDTE_OFF);
```

## 2.6. Componentes electrónicos complementarios

En este proyecto es necesario utilizar 7 LEDs de color amarillo, la figura 6 muestra sus principales características; además se utilizan 3 resistencias de 50Ω, una resistencia de 150Ω y una de 3200Ω. Finalmente se utiliza un capacitor de 1μF. Las características eléctricas de estas resistencia y capacitores s se encuentran en sus hojas de datos en los apéndices, donde se verificó que son aptos para trabajar en las condiciones de corriente y tensión esperadas en este circuito.

Absolute Maximum Ratings: (Ta=25°C)

ITEMS	Symbol	Test condition	Min.	Typ.	Max.	Unit
Forward Voltage	V <sub>F</sub>	I <sub>F</sub> =20mA	1.8	---	2.2	V
Wavelength (nm) or TC(k)	Δ λ	I <sub>F</sub> =20mA	587	---	591	nm
*Luminous intensity	I <sub>v</sub>	I <sub>F</sub> =20mA	150	---	200	mcd
50% Viewing Angle	2 θ 1/2	I <sub>F</sub> =20mA	40	---	60	deg

Figura 6: Especificaciones del LED amarillo

## 2.7. Diseño

Para este circuito se debe recrear un dado que posea un botón que simule el lanzamiento. Para simular las 6 caras de un dado se utiliza un conjunto de 7 LEDs, donde se iluminarán los LEDs correspondientes a la cara seleccionada luego del lanzamiento. De acuerdo con este patrón de 7 LEDs, a excepción de la cara 1, todas las demás caras poseen dos LEDs encendidos simultáneamente: las caras 2, 3, 4, 5 y 6 encienden el par A de LEDs, mientras que las caras 4, 5 y 6 encienden el par B de LEDs. Para las caras impares 1, 3 y 5 se enciende el LED del centro. Para la cara 6 se utiliza un tercer par C de LEDs. Por lo anterior, es posible conectar tres salidas del microcontrolador a dos LEDs y mantener una cuarta salida conectado a un solo LED como se muestra en la imagen.

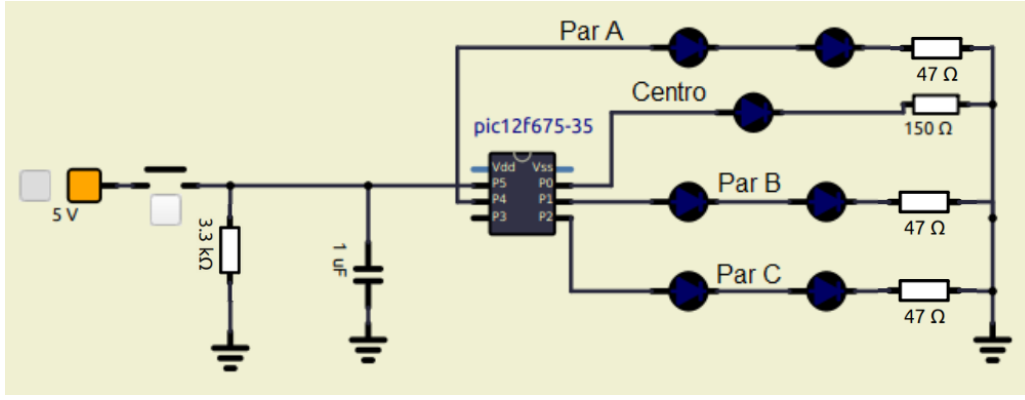


Figura 7: Diseño del circuito

Para la protección de los LEDs se utilizan resistencias conectadas en serie. A partir de los datos del microcontrolador, se conoce que la tensión a la salida de los pines es de +5V aproximadamente y que la corriente máxima es de 25 mA; sin embargo, la corriente máxima a través del LED es de 20 mA por lo que se trabajará con este valor máximo. El valor de tensión  $V_F$  de los LED es de 2.0 V. Por lo tanto, el valor de la resistencia para las salidas con dos LED se calcula por medio de la Ley de Kirchhoff como se muestra a continuación:

$$R = \frac{V_{DD} - 2 * V_F}{I_{max}} = \frac{5 - 2 * 2,0}{20mA} = 50\Omega \quad (1)$$

Por disponibilidad se utiliza resistencias de 47Ω. De igual manera para la salida con una sola resistencia:

$$R = \frac{V_{DD} - V_F}{I_{max}} = \frac{5 - 2,0}{20mA} = 150\Omega \quad (2)$$

Según la hoja de datos del microcontrolador, la tensión máxima en los pines es de  $V_{DD} + 0,3V$  y la tensión  $V_{DD}$  debe estar entre -0.3 y +6.5 V con respecto a  $V_{SS}$ . Por lo tanto, con  $V_{DD} = 5V$  y  $V_{SS} = 0V$ , la tensión en los pines debe ser menor a 5 V. En la entrada se conecta una fuente de tensión DC de 5 V y además se conecta una resistencia de pull-down, ya que no es recomendado conectar circuitos digitales directamente a la fuente de energía. Al tener una conexión directa, puede aumentar la corriente hacia el microcontrolador y dañar el circuito. Una resistencia de pull-down se encarga de controlar la corriente desde el pin hacia tierra y mantener el estado bajo (0 lógico) del pin [4]. La resistencia de pull-down se elige a partir de la tensión máxima aceptada como 0 lógico  $V_{Lmax}$  y la corriente de leakage del pin  $I_K$ .

$$R_{pull-down} = \frac{V_{Lmax} - 0}{I_K} = \frac{0,8 - 0}{250\mu A} = 3200\Omega \quad (3)$$

Por disponibilidad, se utiliza una resistencia de 3300 Ω.

Finalmente, se añade un filtro RC debido a los picos en la entrada provocados por el cambio abrupto de tensión del botón. Un filtro RC, formado por un capacitor y una resistencia conectado entre la entrada GPIO y tierra actúa como un filtro paso bajo de manera que hasta que la carga y tensión en el capacitor cambien, entonces el valor lógico en la entrada del GPIO también lo hará [5]. En este caso, la resistencia de pull-down es suficiente para cargar el capacitor del filtro, por lo tanto solo se debe dimensionar el capacitor; para esto se toma en cuenta el valor de la constante de tiempo. Suponiendo que el tiempo que dura los picos de tensión es de 3 ms entonces es necesario que el tiempo de carga del capacitor dure aproximadamente este tiempo.

$$\tau = RC = 3ms \quad (4)$$

$$C = \frac{\tau}{R} = \frac{3ms}{3300\Omega} = 9,09 \times 10^{-7} \sim 1\mu F \quad (5)$$

La siguiente tabla resume la cantidad y precio de los componentes mencionados.

Cantidad	Componente	Precio total en colones
1	PIC12f675	1406
3	Resistencias de $47 \Omega$	75
1	Resistencia de $150 \Omega$	25
1	Resistencia de $3300 \Omega$	25
1	Capacitor de $1 \mu F$	320
7	LED amarillo	315
1	Botón de 12 V 50 mA normalmente abierto	170

### 3. Análisis de resultados

La siguiente imagen muestra 4 momentos independientes cuando se pulsó el botón en el mismo circuito, a partir de esta se observan las caras 3, 4, 5 y 6 del dado.



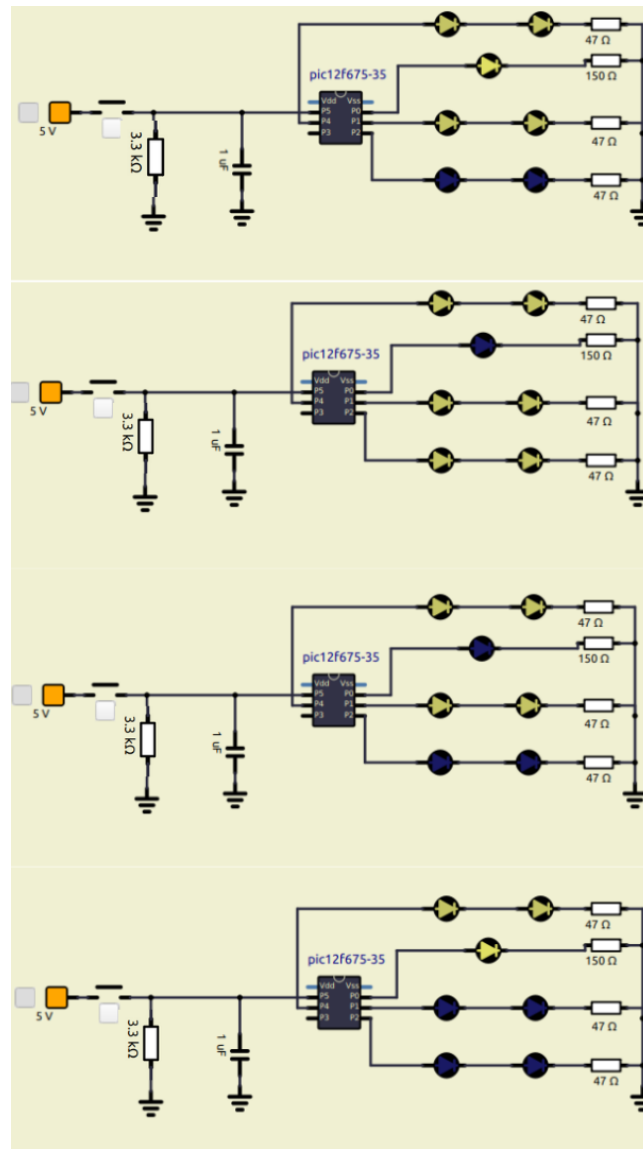


Figura 8: Resultados del dado

El circuito mantenía las luces LED apagadas en todo momento hasta que se presiona el botón, esto acciona las luces LED, las cuales se encienden según los patrones esperados; es decir, nunca se encendió más de 6 LEDs ni hubo un momento en el que no se encendiera ninguna. Luego de un tiempo, las luces se apagaban automáticamente; todos estas características eran comportamientos esperados del circuito.

El funcionamiento del circuito anterior se puede representar por el siguiente diagrama de flujo.

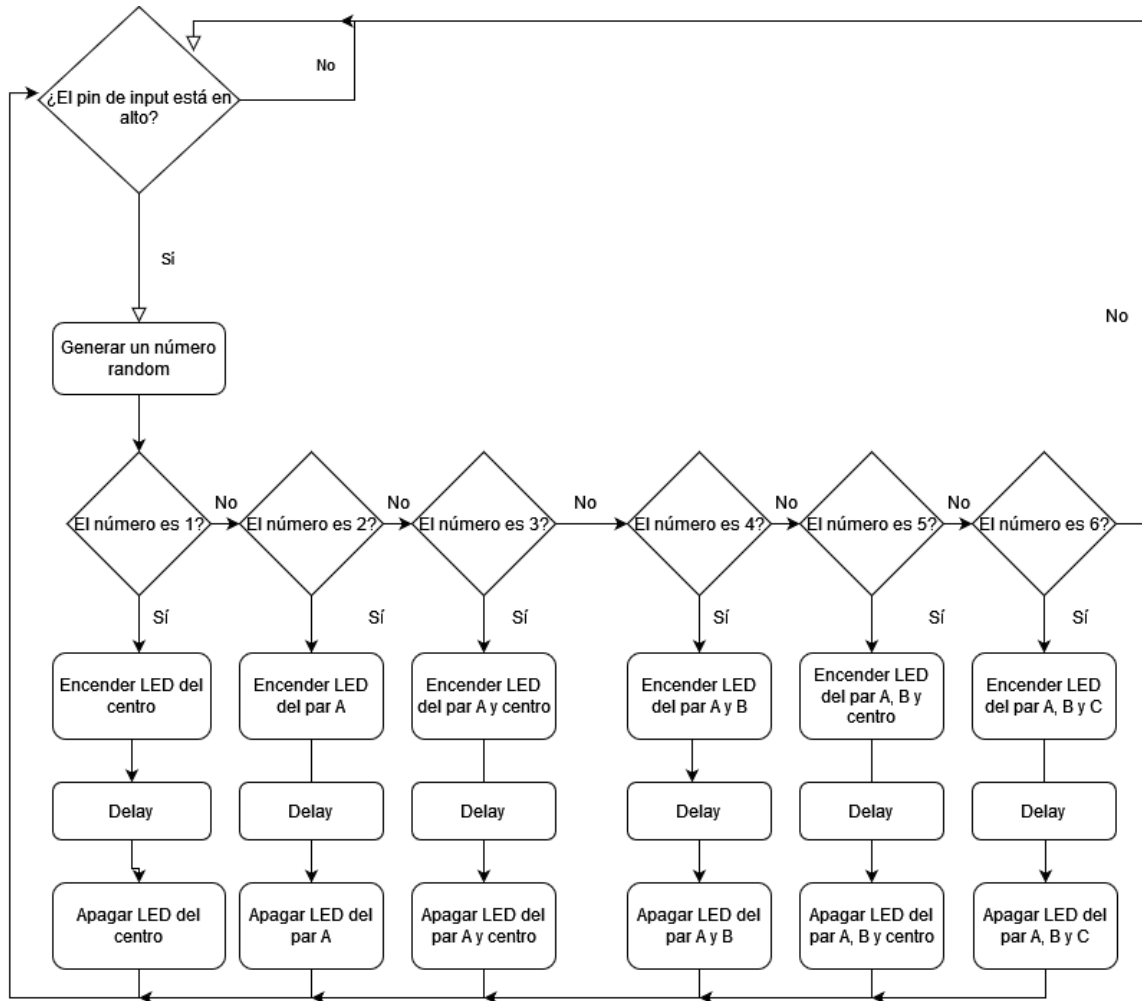


Figura 9: Diagrama de flujo del circuito

En la figura se observa que el circuito siempre está esperando que el valor del pin del input pase a alto, esto debido a que se encuentra en un loop. Una vez se presiona el botón se llama a una función que genera un número random, en este caso se utilizó un algoritmo llamado xoroshiro [6] el cual genera números pseudo random y que es apto para microcontroladores pequeños como el PIC12f675 en términos de memoria y velocidad. Otros algoritmos fueron probados; sin embargo, la mayoría provocó errores relacionados a falta de memoria y el uso de multiplicaciones y divisiones. Los microcontroladores PIC de 8 bits no poseen multiplicaciones por lo que se deben evitar algoritmos de este tipo. Debido a que cada número está mapeado a un set de LEDs y esto no varía, la iluminación de los LEDs se realizó con un **case** donde se elegía cuáles LEDs encender y apagar según el valor aleatorio generado y por medio de la escritura en el registro GPIO.

El funcionamiento electrónico fue verificado por medio de mediciones de tensión y corriente cuando los LEDs estaban encendidos y apagados. Cuando el botón no fue presionado, todas las ramas del circuito mostraban una corriente de 0 A. Una vez se presionó el botón, se mostraron valores que se encuentran dentro de los rangos esperados; en el caso de las ramas de LEDs se observan caídas de tensión de 2 V como se especificaba en la hoja de datos. La corriente de diseño fue de 20 mA, sin embargo este era un caso máximo y es ideal que esta corriente fuera menor a dicho valor, lo cual se da en las ramas de dos y un LED con mediciones de 11.34 y 15.74 mA. Al medir la corriente en la entrada, se observó que aunque el botón fuera presionado, había una lectura de 0 A en el cable entre la entrada del microcontrolador y el capacitor, por lo que efectivamente se está protegiendo el circuito de sobrecargas. En la resistencia de  $3300\Omega$

se obtuvo lecturas de una corriente de 1.51 mA y en el capacitor se detectaron lecturas de corriente; sin embargo estas fueron muy rápidas y no se obtuvo un valor específico.

Además, se observó un cambio antes y después de agregar el filtro RC ya que no se observaron comportamientos extraños en los LEDs provocados por los picos de tensión en la entrada. Un segundo efecto fue la velocidad del circuito ya que al agregar el capacitor, el circuito reacciona más lento al pulsar el botón. Este efecto es esperado ya que la tensión a la entrada del microcontrolador depende del aumento de tensión en el capacitor, el cual no es inmediato.

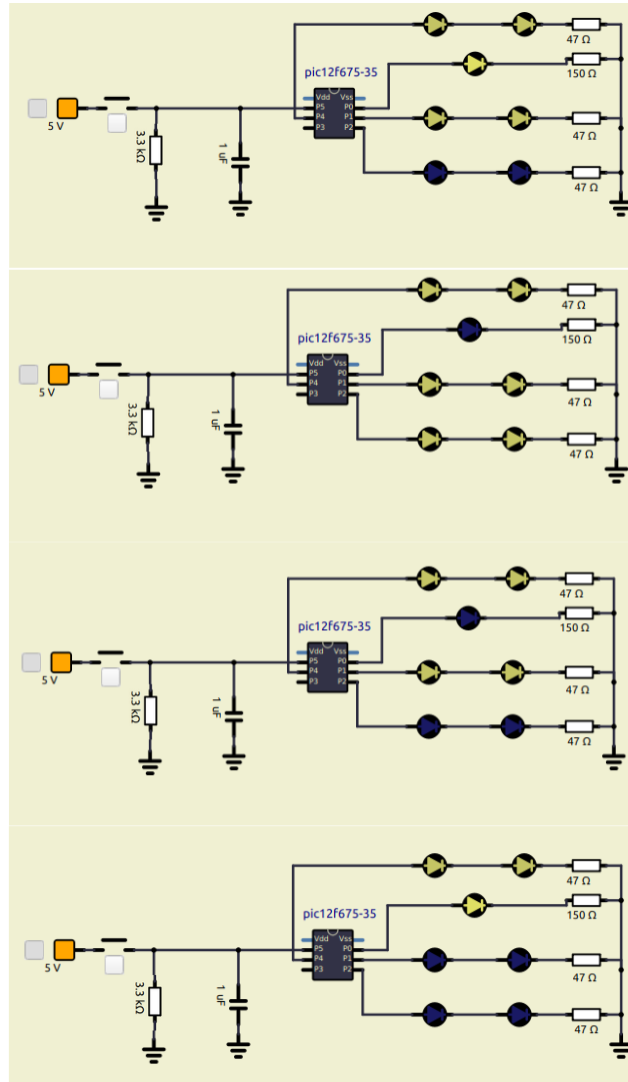


Figura 10: Mediciones de tensión y corriente en el circuito

## 4. Conclusiones y recomendaciones

- El microcontrolador PIC12f675 es apto para construir una representación de un dado con cierto grado de pseudo aleatoriedad a partir de componentes electrónicos simples. A pesar de que el PIC12f675 es un microcontrolador pequeño con limitaciones de memoria y capacidad, el funcionamiento de aplicaciones simples como el dado no se ven afectados en términos de fiabilidad y velocidad de respuesta.
- Es necesario tomar medidas de protección para el microcontrolador ya que a pesar de que se esté utilizando corrientes y tensiones bajas, estas pueden afectar el circuito interno del

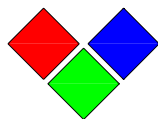
dispositivo. Las resistencias de pull-up y pull-down son una opción simple y barata de proteger el circuito.

- Las limitaciones del microcontrolador no son solo a nivel de límites electrónicos; a la hora de programar se debe considerar la memoria disponible y los bloques de su arquitectura; es decir, se debe programar eficientemente y buscar alternativas cuando no es posible utilizar ciertas librerías u operaciones, como en este caso la librería `rand` o las multiplicaciones y divisiones.
- Los filtros pasivos RC son una buena opción a nivel de hardware para evitar malfuncionamientos en el circuito provocados por rebotes de la tensión por la conexión del botón, con la desventaja de que ralentiza la respuesta del circuito; sin embargo también es posible aplicar soluciones a nivel de software como un delay en la lectura del pin hasta que se haya estabilizado la señal.
- Se recomienda dar lectura a la documentación de los microcontroladores, principalmente las secciones que se relacionen a configuración inicial, estados iniciales de los pines y condiciones máximas de corriente y tensión, para evitar el mal funcionamiento o la pérdida de los dispositivos.
- Se recomienda buscar patrones y similitudes en la lógica que permitan utilizar eficientemente los pines disponibles, ya que otras aplicaciones podrían utilizar los pines para reset o osciladores, lo cual dejaría una menor cantidad como pines de salida.

## Referencias

- [1] Components 101. *PIC12F675 – 8 bit Microcontroller*. Tomado de <https://components101.com/microcontrollers/pic12f675-pinout-datasheet>. 2020. Disponible en línea, accesado el 13 de Enero de 2023.
- [2] Microchip. *PIC12F675*. Tomado de <https://www.microchip.com/en-us/product/PIC12F675#>. 2023. Disponible en línea, accesado el 13 de Enero de 2023.
- [3] ABLIC. *What is a watchdog timer (WDT)?* Tomado de <https://www.ablic.com/en/semicon/products/automotive/automotive-watchdog-timer/intro/>. 2023. Disponible en línea, accesado el 13 de Enero de 2023.
- [4] S. Gupta. *Pull Up and Pull Down Resistor*. Tomado de <https://circuitdigest.com/tutorial/pull-up-and-pull-down-resistor>. 2018. Disponible en línea, accesado el 13 de Enero de 2023.
- [5] Quorten. *Debounce a button using a capacitor, and RC filters explained*. Tomado de <https://quorten.github.io/quorten-blog1/blog/2020/03/13/debounce-btn-cap>. 2020. Disponible en línea, accesado el 13 de Enero de 2023.
- [6] J. Medved. *Randomness in 8-bit Microchip PIC*. Tomado de <https://www.medo64.com/2021/01/randomness-in-8-bit-microchip-pic/>. 2021. Disponible en línea, accesado el 13 de Enero de 2023.

## 5. Apéndices



# 深圳市昱申科技有限公司

## CHINA YOUNG SUN LED TECHNOLOGY CO., LTD.

TEL: (86) 755-28079401 28079402 28079403 28079404 28079405  
FAX: (86) 755-28079407 E-mail: info@100LED.com Web: www.100LED.com

Model No.: YSL-R531Y3D-D2

### Applications:

- Decorations
- Bill Insperctor
- Inceticial Lights
- Medical Appliance

### Absolute Maximum Ratings: (Ta=25°C) .

ITEMS	Symbol	Absolute Maximum Rating	Unit
Forward Current	$I_F$	20	mA
Peak Forward Current	$I_{FP}$	30	mA
Suggestion Using Current	$I_{su}$	16-18	mA
Reverse Voltage ( $V_R=5V$ )	$I_R$	10	uA
Power Dissipation	$P_D$	105	mW
Operation Temperature	$T_{OPR}$	-40 ~ 85	°C
Storage Temperature	$T_{STG}$	-40 ~ 100	°C
Lead Soldering Temperature	$T_{SOL}$	Max. 260°C for 3 Sec. Max. (3mm from the base of the expoxy bulb)	

### Absolute Maximum Ratings: (Ta=25°C)

ITEMS	Symbol	Test condition	Min.	Typ.	Max.	Unit
Forward Voltage	$V_F$	$I_F=20mA$	1.8	---	2.2	V
Wavelength (nm) or TC(k)	$\Delta \lambda$	$I_F=20mA$	587	---	591	nm
*Luminous Intensity	$I_v$	$I_F=20mA$	150	---	200	mcd
50% Viewing Angle	$2\theta 1/2$	$I_F=20mA$	40	---	60	deg

Address: 5/F, Building B, Anzhilong Indl., Qinghua East Road., Longhua Town, Shenzhen CHINA. 518109

www.100LED.com

ONE HUNDRED LED  
PERFECT LED

## 1 Description

### 1.1 SMS/PMS Base module

Miniature push button switches with a low height of 4,55 - 4,95 mm for surface mounting (SMS) and PCB mounting (PMS).

The SMS has large flat surfaces on the top side as well as on the other sides, which are also parallel to each other. This makes the SMS a perfect switch for automatic mounting.

The SMS switch is suitable for the SMD soldering process "IR-Reflow".

The switch comes with the SMD-leads "Gullwing and J". With J-leads the switch can be lined up with a spacing of 1/2" in one coordinate direction, and with > 13,5 mm in the other coordinate direction. With Gullwing-leads, the switch can be arranged with a spacing of 1/2" in one coordinate direction, and in the other coordinate direction with > 17,5 mm.

A minimum spacing of 1/2" to 15 mm is necessary for the PCB version.

Basically, the SMS and PMS come in two basic versions concerning the degree of protection. Available are IP 40 and IP 67. According to the degree of protection the IP 40 version is not proof against fluxing and washing, whereas the IP 67 version is. Consequently, the IP 67 version can be exposed to the specified soldering and cleaning processes.

The miniature push button switches feature a very good tactile response with an actuation force of about 2N. SMS and PMS are also available with an elongated actuator. These variants serve as base modules for the SMS/PMS variable height version.



### 1.2 SMS/PMS Variable Height

The variable height SMS/PMS consists of the SMS/PMS base module with elongated actuator and a slip-on button with eight variable heights.

The PMS will be supplied with a mounted button. The button for the SMS has to be ordered separately. After soldering, the button must be put on the base module with elongated actuator.

Heights between 8,5 mm and 13,75 mm for the SMS and 8,35 mm and 13,60 mm for the PMS are available.

Depending on the base module being used, degree of protection for the variable height SMS/PMS is IP 40 or IP 67.



Changes that contribute to technical improvement are subject to alternations

Page	Production date:	Produced by:	Modification date:	Modified by:	Modification No.	Data sheet No.	Index
2 of 9	07.07.2005	Lickert	15.06.2006	M.Fischer	9235	105.9513	-

Print date: 6/15/2007 2:39:00 PM

## 2 Data and dimensional drawings

### 2.1 Technical Data SMS/PMS Base module/Variable Height

<b>Electrical data:</b>	<b>IP40</b>	<b>IP67</b>
Contact material	Gold ; Gold/Silver <sup>(1)</sup>	Gold
Switching voltage max.	30V AC/ 42V DC	30V AC/ 42V DC
Switching current max.	50 mA	50 mA
Rated breaking capacity	12 V/10 mA	12 V/10 mA
Lifetime (at 12V/10mA)	>1 x 10 <sup>6</sup> cycles	>1x10 <sup>6</sup> cycles
Lifetime (at 24V/80mA)	- ; >1x10 <sup>5</sup> <sup>(1)</sup>	-
Initial contact resistance new (IEC 512-2 mV-method)	<50 mOhm	<50 mOhm
Initial contact resistance after 1 x 10 <sup>6</sup> cycles	<150 mOhm	<150 mOhm
Insulation resistance (IEC 512-2)	> 1x 10 <sup>8</sup> Ohm	> 1x 10 <sup>8</sup> Ohm
Contact bounce time	typ. 0,15 ms	typ. 0,15 ms

<b>Mechanical data:</b>	<b>IP40</b>	<b>IP67</b>
Actuating force	1,8±0,4 N	2,2±0,4 N
Actuating travel	0,35±0,1 mm	0,35±0,1 mm
Mechanical strength (force axial, load 1 min.)	max. 100 N	max. 100 N
Lifetime (IEC 512-5. Test 9a. Actuating force 5N)	>1x 10 <sup>6</sup> cycles	>1x 10 <sup>6</sup>

<b>Soldering data:</b>	<b>SMS IP40/IP67</b>	<b>PMS IP40/IP67</b>
Soldering method	IR Reflow	Wave soldering
Soldering heat resistance	245 °C/5sec.	248,5 °C/1sec

<sup>(1)</sup> PMS Typ 1241.1652

Changes that contribute to technical improvement are subject to alternations

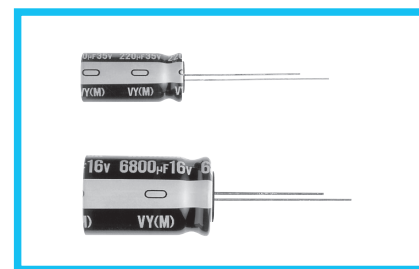
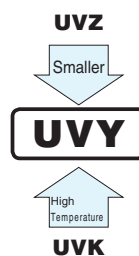


**UVY** Wide Temperature Range



- One rank smaller case sizes than UVZ.
- Compliant to the RoHS directive (2011/65/EU).

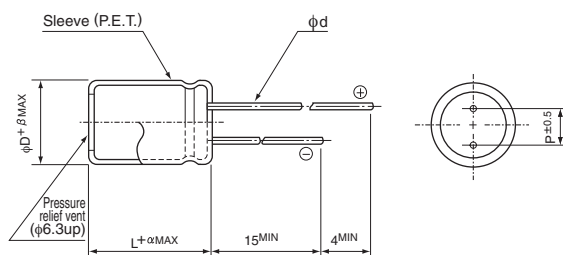
Values marked with an ※ in the dimension table are scheduled to be discontinued and are not recommended for new designs.



## Specifications

Item	Performance Characteristics											
Category Temperature Range	-55 to +105°C (6.3 to 100V), -40 to +105°C (160 to 400V), -25 to +105°C (450V)											
Rated Voltage Range	6.3 to 450V											
Rated Capacitance Range	0.47 to 68000μF											
Capacitance Tolerance	±20% at 120Hz, 20°C											
Leakage Current	Rated voltage (V)	6.3 to 100					160 to 450					
	_____	After 1 minute's application of rated voltage at 20°C, leakage current is not more than 0.03CV or 4 (μA), whichever is greater.  After 2 minutes' application of rated voltage at 20°C, leakage current is not more than 0.01CV or 3 (μA), whichever is greater.					After 1 minute's application of rated voltage at 20°C, CV ≤ 1000: I =0.1CV+40 (μA) or less  After 1 minute's application of rated voltage at 20°C, CV > 1000: I =0.04CV+100 (μA) or less					
Tangent of loss angle (tan δ)	For capacitance of more than 1000μF, add 0.02 for every increase of 1000μF. Measurement frequency : 120Hz at 20°C											
	Rated voltage (V)	6.3	10	16	25	35	50	63	100	160 to 250	350 to 450	
	tan δ (MAX.)	0.28	0.24	0.20	0.16	0.14	0.12	0.10	0.08	0.20	0.25	
Stability at Low Temperature	Measurement frequency : 120Hz											
	Rated voltage (V)		6.3	10	16	25	35 to 50	63 to 100	160 to 200	250 to 350	400	450
	Impedance ratio ZT / Z20 (MAX.)	Z-25°C / Z+20°C	5	4	3	2	2	2	3	4	6	15
		Z-40°C / Z+20°C	10	8	6	4	3	3	4	8	10	—
Endurance	The specifications listed at right shall be met when the capacitors are restored to 20°C after the rated voltage is applied for 1000 hours at 105°C.					Capacitance change		Within ±20% of the initial capacitance value				
						tan δ		200% or less than the initial specified value				
						Leakage current		Less than or equal to the initial specified value				
Shelf Life	After storing the capacitors under no load at 105°C for 1000 hours and then performing voltage treatment based on JIS C 5101-4 clause 4.1 at 20°C, they shall meet the specified values for the endurance characteristics listed above.											
Marking	Printed with white color letter on black sleeve.											

## Radial Lead Type

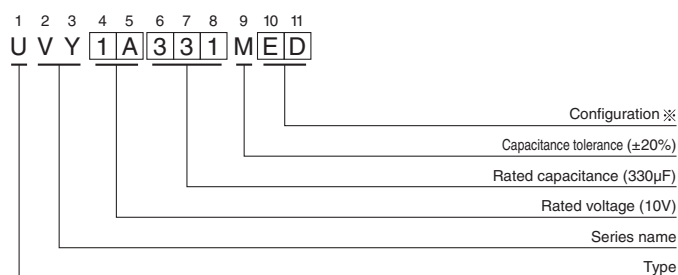


	φD	5	6.3	8	10	12.5	16	18	20	22	25
P	2.0	2.5	3.5	5.0	5.0	7.5	7.5	10.0	10.0	12.5	
φd	0.5	0.5	0.6	0.6	0.6	0.8	0.8	1.0	1.0	1.0	
β	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	1.0	1.0

α	(L < 20) 1.5
	(L ≥ 20) 2.0

- Please refer to page 20 about the end seal configuration.

## Type numbering system (Example : 10V 330µF)



### ※ Configuration

φ D	Pb-free leadwire Pb-free PET sleeve
5	DD
6.3	ED
8 · 10	PD
12.5 to 18	HD
20 to 25	RD

Please refer to page 20, 21, 22 about the formed or taped product spec.  
Please refer to page 4 for the minimum order quantity.

- Dimension table in next page.

UVY

## ■ Dimensions

V		6.3		10		16		25		35		50		63	
Cap.(μF)	Code	0J		1A		1C		1E		1V		1H		1J	
2.2	2R2											5 × 11	20		
3.3	3R3											5 × 11	25		
4.7	4R7											5 × 11	30		
10	100											5 × 11	46		
22	220											5 × 11	68	5 × 11	71
33	330											5 × 11	90	6.3 × 11	100
47	470									5 × 11	93	6.3 × 11	115	6.3 × 11	120
68	680									6.3 × 11	110	6.3 × 11	150	8 × 11.5	155
100	101							5 × 11	125	6.3 × 11	150	8 × 11.5	190	8 × 11.5	200
220	221			5 × 11	155	6.3 × 11	190	6.3 × 11	200	8 × 11.5	250	10 × 12.5	300	10 × 16	335
330	331			6.3 × 11	210	6.3 × 11	225	8 × 11.5	275	10 × 12.5	350	10 × 16	410	10 × 20	510
470	471			6.3 × 11	250	8 × 11.5	315	10 × 12.5	380	10 × 16	460	10 × 20	540	12.5 × 20	640
1000	102	8 × 11.5	390	10 × 12.5	460	10 × 12.5	500	10 × 16	610	12.5 × 20	810	12.5 × 25	950	16 × 25	930
2200	222	10 × 16	635	10 × 16	705	10 × 20	710	12.5 × 25	1090	16 × 25	1260	16 × 31.5	1410	18 × 35.5	1650
3300	332	10 × 20	840	12.5 × 20	1000	12.5 × 25	1170	16 × 25	1400	16 × 31.5	1500	18 × 35.5	1770	20 × 40	1950
4700	472	12.5 × 20	1090	12.5 × 25	1260	16 × 25	1500	16 × 25	1570	16 × 35.5	1780	20 × 40	2100	22 × 50	2450
6800	682	12.5 × 25	1350	16 × 25	1570	16 × 25	1600	16 × 35.5	1850	18 × 40	2000	22 × 50	2500	25 × 50	2800
10000	103	16 × 25	1650	16 × 31.5	1820	16 × 35.5	1930	18 × 40	2000	22 × 50	2650	25 × 50	2850		
15000	153	16 × 31.5	1820	16 × 35.5	2050	18 × 40	2210	22 × 50	2750	25 × 50	3100				
22000	223	18 × 35.5	2280	18 × 40	2420	22 × 40	2710	25 × 50	3250						
33000	333	20 × 40	2500	22 × 50	3210	25 × 50	3450								
47000	473	* 22 × 50	2780	* 25 × 50	3570										
68000	683	* 25 × 50	3070												
														Case size φ D × L (mm)	Rated ripple

V		100		160		200		250		350		400		450	
Cap.(μF)	Code	2A		2C		2D		2E		2V		2G		2W	
0.47	R47					6.3 × 11	11					6.3 × 11	8.5		
1	010					6.3 × 11	16					6.3 × 11	14		
2.2	2R2	5 × 11	21			6.3 × 11	25			6.3 × 11	21	8 × 11.5	27	8 × 11.5	20
3.3	3R3	5 × 11	29			6.3 × 11	30	6.3 × 11	28	8 × 11.5	30	8 × 11.5	34	10 × 12.5	28
4.7	4R7	5 × 11	32			6.3 × 11	35	6.3 × 11	35	8 × 11.5	39	10 × 12.5	42	10 × 12.5	32
10	100	5 × 11	50	8 × 11.5	41	8 × 11.5	57	10 × 12.5	71	10 × 12.5	64	10 × 16	64	10 × 20	56
22	220	6.3 × 11	93	10 × 12.5	92	10 × 16	105	10 × 20	105	12.5 × 20	105	12.5 × 25	140	12.5 × 25	100
33	330	8 × 11.5	130	10 × 16	125	10 × 20	140	10 × 20	140	12.5 × 25	170	16 × 25	170	16 × 25	125
47	470	8 × 11.5	140	10 × 20	150	12.5 × 20	195	12.5 × 20	190	16 × 25	210	16 × 25	200	16 × 31.5	155
68	680	10 × 12.5	190	12.5 × 20	250	12.5 × 25	250	16 × 25	270	16 × 25	285	16 × 31.5	240	18 × 35.5	185
100	101	10 × 16	240	12.5 × 25	310	16 × 25	320	16 × 25	310	18 × 35.5	370	18 × 35.5	310	18 × 40	200
220	221	12.5 × 20	390	16 × 31.5	410	16 × 35.5	500	18 × 35.5	485	22 × 50	540	22 × 50	460	25 × 50	250
330	331	12.5 × 25	540	18 × 35.5	570	18 × 40	675	20 × 40	710	25 × 50	710				
470	471	16 × 25	715	18 × 40	855	22 × 40	925	22 × 50	1000						
1000	102	18 × 35.5	960	25 × 50	1350										
2200	222	22 × 50	1750												
3300	332	25 × 50	2070												
														Case size φ D × L (mm)	Rated ripple

Rated ripple current (mA rms) at 105°C 120Hz

## ● Frequency coefficient of rated ripple current

V	Cap.(μF)	Frequency	50Hz	120Hz	300Hz	1 kHz	10 kHz or more
6.3 to 100	2.2 to 68		0.75	1.00	1.35	1.57	2.00
	100 to 470		0.80	1.00	1.23	1.34	1.50
	1000 to 68000		0.85	1.00	1.10	1.13	1.15
160 to 450	0.47 to 220		0.80	1.00	1.25	1.40	1.60
	330 to 1000		0.90	1.00	1.10	1.13	1.15



# PIC12F629/675

## 8-Pin FLASH-Based 8-Bit CMOS Microcontroller

### High Performance RISC CPU:

- Only 35 instructions to learn
  - All single cycle instructions except branches
- Operating speed:
  - DC - 20 MHz oscillator/clock input
  - DC - 200 ns instruction cycle
- Interrupt capability
- 8-level deep hardware stack
- Direct, Indirect, and Relative Addressing modes

### Special Microcontroller Features:

- Internal and external oscillator options
  - Precision Internal 4 MHz oscillator factory calibrated to  $\pm 1\%$
  - External Oscillator support for crystals and resonators
  - 5  $\mu$ s wake-up from SLEEP, 3.0V, typical
- Power saving SLEEP mode
- Wide operating voltage range - 2.0V to 5.5V
- Industrial and Extended temperature range
- Low power Power-on Reset (POR)
- Power-up Timer (PWRT) and Oscillator Start-up Timer (OST)
- Brown-out Detect (BOD)
- Watchdog Timer (WDT) with independent oscillator for reliable operation
- Multiplexed MCLR/Input-pin
- Interrupt-on-pin change
- Individual programmable weak pull-ups
- Programmable code protection
- High Endurance FLASH/EEPROM Cell
  - 100,000 write FLASH endurance
  - 1,000,000 write EEPROM endurance
  - FLASH/Data EEPROM Retention: > 40 years

### Low Power Features:

- Standby Current:
  - 1 nA @ 2.0V, typical
- Operating Current:
  - 8.5  $\mu$ A @ 32 kHz, 2.0V, typical
  - 100  $\mu$ A @ 1 MHz, 2.0V, typical
- Watchdog Timer Current
  - 300 nA @ 2.0V, typical
- Timer1 oscillator current:
  - 4  $\mu$ A @ 32 kHz, 2.0V, typical

### Peripheral Features:

- 6 I/O pins with individual direction control
- High current sink/source for direct LED drive
- Analog comparator module with:
  - One analog comparator
  - Programmable on-chip comparator voltage reference (CVREF) module
  - Programmable input multiplexing from device inputs
  - Comparator output is externally accessible
- Analog-to-Digital Converter module (PIC12F675):
  - 10-bit resolution
  - Programmable 4-channel input
  - Voltage reference input
- Timer0: 8-bit timer/counter with 8-bit programmable prescaler
- Enhanced Timer1:
  - 16-bit timer/counter with prescaler
  - External Gate Input mode
  - Option to use OSC1 and OSC2 in LP mode as Timer1 oscillator, if INTOSC mode selected
- In-Circuit Serial Programming™ (ICSP™) via two pins

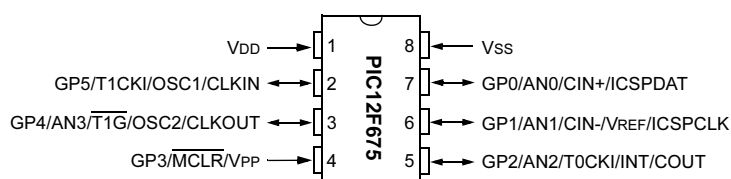
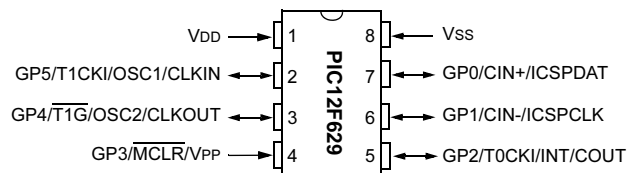
Device	Program Memory	Data Memory		I/O	10-bit A/D (ch)	Comparators	Timers 8/16-bit
	FLASH (words)	SRAM (bytes)	EEPROM (bytes)				
PIC12F629	1024	64	128	6	—	1	1/1
PIC12F675	1024	64	128	6	4	1	1/1

\* 8-bit, 8-pin devices protected by Microchip's Low Pin Count Patent: U.S. Patent No. 5,847,450. Additional U.S. and foreign patents and applications may be issued or pending.

# PIC12F629/675

## Pin Diagrams

### 8-pin PDIP, SOIC, DFN-S



# PIC12F629/675

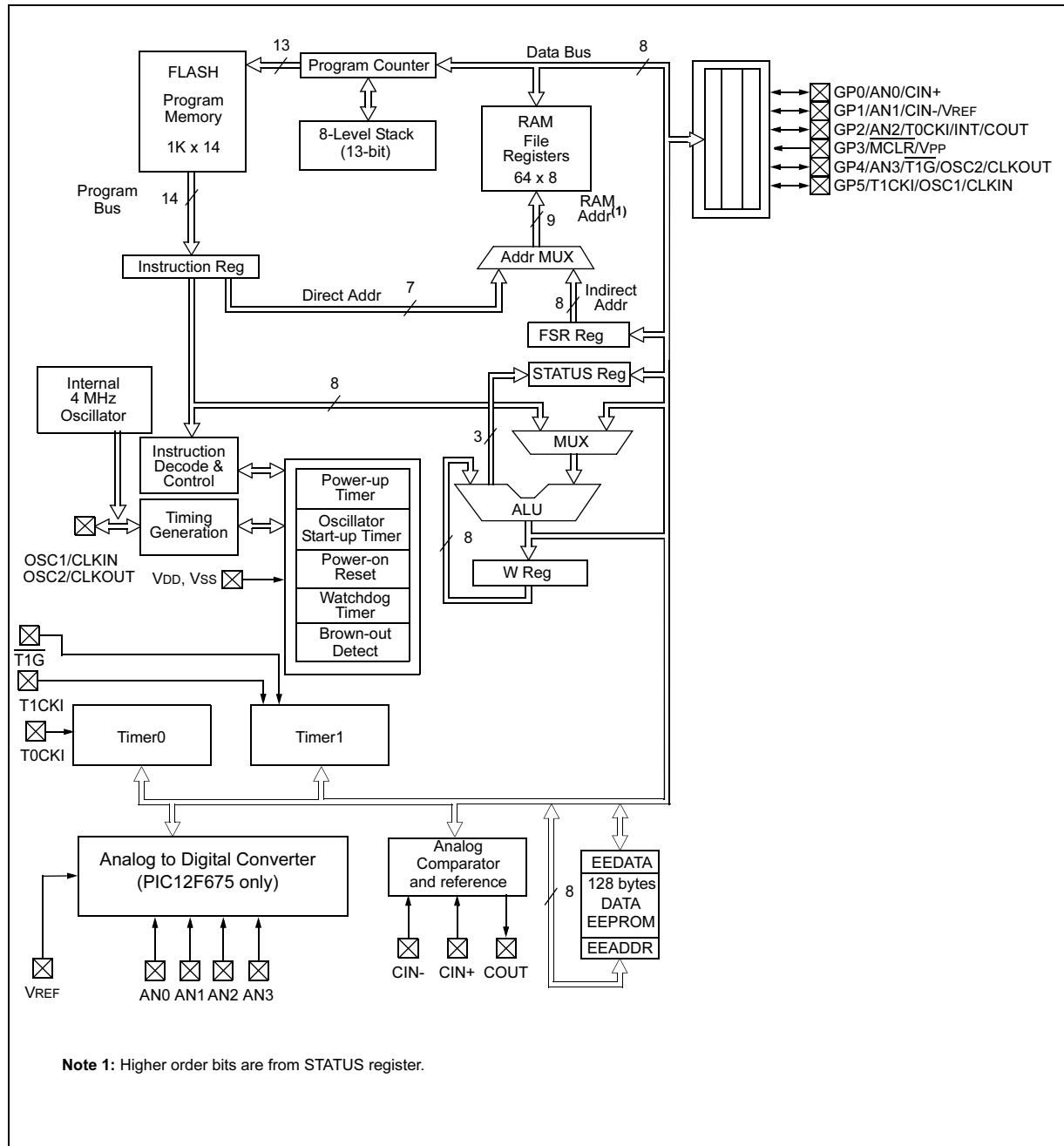
## 1.0 DEVICE OVERVIEW

This document contains device specific information for the PIC12F629/675. Additional information may be found in the PICmicro™ Mid-Range Reference Manual (DS33023), which may be obtained from your local Microchip Sales Representative or 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 PIC12F629 and PIC12F675 devices are covered by this Data Sheet. They are identical, except the PIC12F675 has a 10-bit A/D converter. They come in 8-pin PDIP, SOIC, and MLF-S packages. Figure 1-1 shows a block diagram of the PIC12F629/675 devices. Table 1-1 shows the Pinout Description.

**FIGURE 1-1: PIC12F629/675 BLOCK DIAGRAM**



# PIC12F629/675

**TABLE 1-1: PIC12F629/675 PINOUT DESCRIPTION**

Name	Function	Input Type	Output Type	Description
GP0/AN0/CIN+/ICSPDAT	GP0	TTL	CMOS	Bi-directional I/O w/ programmable pull-up and interrupt-on-change
	AN0	AN		A/D Channel 0 input
	CIN+	AN		Comparator input
	ICSPDAT	TTL	CMOS	Serial programming I/O
GP1/AN1/CIN-/VREF/ICSPCLK	GP1	TTL	CMOS	Bi-directional I/O w/ programmable pull-up and interrupt-on-change
	AN1	AN		A/D Channel 1 input
	CIN-	AN		Comparator input
	VREF	AN		External voltage reference
	ICSPCLK	ST		Serial programming clock
GP2/AN2/T0CKI/INT/COUT	GP2	ST	CMOS	Bi-directional I/O w/ programmable pull-up and interrupt-on-change
	AN2	AN		A/D Channel 2 input
	T0CKI	ST		TMR0 clock input
	INT	ST		External interrupt
	COUT		CMOS	Comparator output
GP3/MCLR/VPP	GP3	TTL		Input port w/ interrupt-on-change
	MCLR	ST		Master Clear
	VPP	HV		Programming voltage
GP4/AN3/T1G/OSC2/CLKOUT	GP4	TTL	CMOS	Bi-directional I/O w/ programmable pull-up and interrupt-on-change
	AN3	AN		A/D Channel 3 input
	T1G	ST		TMR1 gate
	OSC2		XTAL	Crystal/resonator
	CLKOUT		CMOS	Fosc/4 output
GP5/T1CKI/OSC1/CLKIN	GP5	TTL	CMOS	Bi-directional I/O w/ programmable pull-up and interrupt-on-change
	T1CKI	ST		TMR1 clock
	OSC1	XTAL		Crystal/resonator
	CLKIN	ST		External clock input/RC oscillator connection
Vss	Vss	Power		Ground reference
VDD	VDD	Power		Positive supply

Legend: Shade = PIC12F675 only  
TTL = TTL input buffer, ST = Schmitt Trigger input buffer

## 3.0 GPIO PORT

There are as many as six general purpose I/O pins available. Depending on which peripherals are enabled, some or all of the pins may not be available as general purpose I/O. In general, when a peripheral is enabled, the associated pin may not be used as a general purpose I/O pin.

**Note:** Additional information on I/O ports may be found in the PICmicro™ Mid-Range Reference Manual, (DS33023)

### 3.1 GPIO and the TRISIO Registers

GPIO is an 6-bit wide, bi-directional port. The corresponding data direction register is TRISIO. Setting a TRISIO bit (= 1) will make the corresponding GPIO pin an input (i.e., put the corresponding output driver in a Hi-impedance mode). Clearing a TRISIO bit (= 0) will make the corresponding GPIO pin an output (i.e., put the contents of the output latch on the selected pin). The exception is GP3, which is input only and its TRISIO bit will always read as '1'. Example 3-1 shows how to initialize GPIO.

Reading the GPIO 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. GP3 reads '0' when MCLREN = 1.

The TRISIO register controls the direction of the GP pins, even when they are being used as analog inputs. The user must ensure the bits in the TRISIO

register are maintained set when using them as analog inputs. I/O pins configured as analog inputs always read '0'.

**Note:** The ANSEL (9Fh) and CMCON (19h) registers (9Fh) must be initialized to configure an analog channel as a digital input. Pins configured as analog inputs will read '0'. The ANSEL register is defined for the PIC12F675.

#### EXAMPLE 3-1: INITIALIZING GPIO

```
bcf    STATUS,RP0    ;Bank 0
clrf   GPIO          ;Init GPIO
movlw  07h           ;Set GP<2:0> to
movwf  CMCON         ;digital IO
bsf    STATUS,RP0    ;Bank 1
clrf   ANSEL         ;Digital I/O
movlw  0Ch           ;Set GP<3:2> as inputs
movwf  TRISIO        ;and set GP<5:4,1:0>
                        ;as outputs
```

### 3.2 Additional Pin Functions

Every GPIO pin on the PIC12F629/675 has an interrupt-on-change option and every GPIO pin, except GP3, has a weak pull-up option. The next two sections describe these functions.

#### 3.2.1 WEAK PULL-UP

Each of the GPIO pins, except GP3, has an individually configurable weak internal pull-up. Control bits WPUx enable or disable each pull-up. Refer to Register 3-3. Each weak pull-up is automatically turned off when the port pin is configured as an output. The pull-ups are disabled on a Power-on Reset by the GPPU bit (OPTION<7>).

#### REGISTER 3-1: GPIO — GPIO REGISTER (ADDRESS: 05h)

U-0	U-0	R/W-x	R/W-x	R/W-x	R/W-x	R/W-x	R/W-x
—	—	GPIO5	GPIO4	GPIO3	GPIO2	GPIO1	GPIO0
bit 7		bit 0					

bit 7-6: **Unimplemented:** Read as '0'

bit 5-0: **GPIO<5:0>:** General Purpose I/O pin.

1 = Port pin is >V<sub>IH</sub>

0 = Port pin is <V<sub>IL</sub>

#### 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

# PIC12F629/675

## REGISTER 3-2: TRISIO — GPIO TRISTATE REGISTER (ADDRESS: 85h)

U-0	U-0	R/W-x	R/W-x	R-1	R/W-x	R/W-x	R/W-x
—	—	TRISIO5	TRISIO4	TRISIO3	TRISIO2	TRISIO1	TRISIO0
bit 7		bit 0					

bit 7-6: **Unimplemented:** Read as '0'

bit 5-0: **TRISIO<5:0>**: General Purpose I/O Tri-State Control bit

1 = GPIO pin configured as an input (tri-stated)

0 = GPIO pin configured as an output.

**Note:** TRISIO<3> always reads 1.

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

## REGISTER 3-3: WPU — WEAK PULL-UP REGISTER (ADDRESS: 95h)

U-0	U-0	R/W-1	R/W-1	U-0	R/W-1	R/W-1	R/W-1	
—	—	WPU5	WPU4	—	WPU2	WPU1	WPU0	
bit 7								bit 0

bit 7-6: **Unimplemented:** Read as '0'

bit 5-4: **WPU<5:4>**: Weak Pull-up Register bit

1 = Pull-up enabled

0 = Pull-up disabled

bit 3: **Unimplemented:** Read as '0'

bit 2-0: **WPU<2:0>**: Weak Pull-up Register bit

1 = Pull-up enabled

0 = Pull-up disabled

**Note 1:** Global  $\overline{\text{GPPU}}$  must be enabled for individual pull-ups to be enabled.

**2:** The weak pull-up device is automatically disabled if the pin is in Output mode (TRISIO = 0).

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



## 12.0 ELECTRICAL SPECIFICATIONS

### Absolute Maximum Ratings†

Ambient temperature under bias .....	-40 to +125°C
Storage temperature .....	-65°C to +150°C
Voltage on $\overline{\text{VDD}}$ with respect to $\text{VSS}$ .....	-0.3 to +6.5V
Voltage on $\overline{\text{MCLR}}$ with respect to $\text{VSS}$ .....	-0.3 to +13.5V
Voltage on all other pins with respect to $\text{VSS}$ .....	-0.3V to ( $\text{VDD} + 0.3\text{V}$ )
Total power dissipation <sup>(1)</sup> .....	800 mW
Maximum current out of $\text{VSS}$ pin .....	300 mA
Maximum current into $\text{VDD}$ pin .....	250 mA
Input clamp current, $\text{I}_{\text{IK}}$ ( $\text{V}_\text{I} < 0$ or $\text{V}_\text{I} > \text{VDD}$ ) .....	$\pm 20$ mA
Output clamp current, $\text{I}_{\text{OK}}$ ( $\text{V}_\text{O} < 0$ or $\text{V}_\text{O} > \text{VDD}$ ) .....	$\pm 20$ mA
Maximum output current sunk by any I/O pin .....	25 mA
Maximum output current sourced by any I/O pin .....	25 mA
Maximum current sunk by all GPIO .....	125 mA
Maximum current sourced all GPIO .....	125 mA

**Note 1:** Power dissipation is calculated as follows:  $\text{P}_{\text{DIS}} = \text{VDD} \times \{\text{I}_{\text{DD}} - \sum \text{I}_{\text{OH}}\} + \sum \{(\text{VDD} - \text{V}_{\text{OH}}) \times \text{I}_{\text{OH}}\} + \sum (\text{V}_{\text{OL}} \times \text{I}_{\text{OL}})$ .

† **NOTICE:** Stresses above those listed under 'Absolute Maximum Ratings' may cause permanent damage to the device. This is a stress rating only and functional operation of the device at those or any other conditions above those indicated in the operation listings of this specification is not implied. Exposure to maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

**Note:** Voltage spikes below  $\text{VSS}$  at the  $\overline{\text{MCLR}}$  pin, inducing currents greater than 80 mA, may cause latchup. Thus, a series resistor of 50-100  $\Omega$  should be used when applying a "low" level to the  $\overline{\text{MCLR}}$  pin, rather than pulling this pin directly to  $\text{VSS}$ .

# PIC12F629/675

## 12.6 DC Characteristics: PIC12F629/675-I (Industrial), PIC12F629/675-E (Extended)

DC CHARACTERISTICS			Standard Operating Conditions (unless otherwise stated) Operating temperature $-40^{\circ}\text{C} \leq T_A \leq +85^{\circ}\text{C}$ for industrial $-40^{\circ}\text{C} \leq T_A \leq +125^{\circ}\text{C}$ for extended				
Param No.	Sym	Characteristic	Min	Typ†	Max	Units	Conditions
D030 D030A D031 D032 D033 D033A	V <sub>IL</sub>	<b>Input Low Voltage</b> I/O ports with TTL buffer with Schmitt Trigger buffer MCLR, OSC1 (RC mode) OSC1 (XT and LP modes) OSC1 (HS mode)	V <sub>SS</sub> V <sub>SS</sub> V <sub>SS</sub> V <sub>SS</sub> V <sub>SS</sub> V <sub>SS</sub>	— — — — — —	0.8 0.15 V <sub>DD</sub> 0.2 V <sub>DD</sub> 0.2 V <sub>DD</sub> 0.3 0.3 V <sub>DD</sub>	V V V V V V	4.5V ≤ V <sub>DD</sub> ≤ 5.5V Otherwise Entire range (Note 1) (Note 1)
D040 D040A D041 D042 D043 D043A D043B	V <sub>IH</sub>	<b>Input High Voltage</b> I/O ports with TTL buffer with Schmitt Trigger buffer MCLR OSC1 (XT and LP modes) OSC1 (HS mode) OSC1 (RC mode)	2.0 (0.25 V <sub>DD</sub> +0.8) 0.8 V <sub>DD</sub> 0.8 V <sub>DD</sub> 1.6 0.7 V <sub>DD</sub> 0.9 V <sub>DD</sub>	— — — — — — —	V <sub>DD</sub> V <sub>DD</sub> V <sub>DD</sub> V <sub>DD</sub> V <sub>DD</sub> V <sub>DD</sub> V <sub>DD</sub>	V V V V V V V	4.5V ≤ V <sub>DD</sub> ≤ 5.5V otherwise entire range (Note 1) (Note 1)
D070	I <sub>PUR</sub>	<b>GPIO Weak Pull-up Current</b>	50*	250	400*	μA	V <sub>DD</sub> = 5.0V, V <sub>PIN</sub> = V <sub>SS</sub>
D060 D060A D060B D061 D063	I <sub>IL</sub>	<b>Input Leakage Current<sup>(3)</sup></b> I/O ports Analog inputs V <sub>REF</sub> MCLR <sup>(2)</sup> OSC1	— — — — —	± 0.1 ± 0.1 ± 0.1 ± 0.1 ± 0.1	± 1 ± 1 ± 1 ± 5 ± 5	μA μA μA μA μA	V <sub>SS</sub> ≤ V <sub>PIN</sub> ≤ V <sub>DD</sub> , Pin at hi-impedance V <sub>SS</sub> ≤ V <sub>PIN</sub> ≤ V <sub>DD</sub> V <sub>SS</sub> ≤ V <sub>PIN</sub> ≤ V <sub>DD</sub> V <sub>SS</sub> ≤ V <sub>PIN</sub> ≤ V <sub>DD</sub> V <sub>SS</sub> ≤ V <sub>PIN</sub> ≤ V <sub>DD</sub> , XT, HS and LP osc configuration
D080 D083	V <sub>OL</sub>	<b>Output Low Voltage</b> I/O ports OSC2/CLKOUT (RC mode)	— —	— —	0.6 0.6	V V	I <sub>OL</sub> = 8.5 mA, V <sub>DD</sub> = 4.5V (Ind.) I <sub>OL</sub> = 1.6 mA, V <sub>DD</sub> = 4.5V (Ind.) I <sub>OL</sub> = 1.2 mA, V <sub>DD</sub> = 4.5V (Ext.)
D090 D092	V <sub>OH</sub>	<b>Output High Voltage</b> I/O ports OSC2/CLKOUT (RC mode)	V <sub>DD</sub> - 0.7 V <sub>DD</sub> - 0.7	— —	— —	V V	I <sub>OH</sub> = -3.0 mA, V <sub>DD</sub> = 4.5V (Ind.) I <sub>OH</sub> = -1.3 mA, V <sub>DD</sub> = 4.5V (Ind.) I <sub>OH</sub> = -1.0 mA, V <sub>DD</sub> = 4.5V (Ext.)

\* These parameters are characterized but not tested.

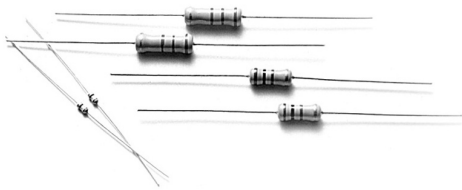
† Data in 'Typ' column is at 5.0V, 25°C unless otherwise stated. These parameters are for design guidance only and are not tested.

- Note 1:** In RC oscillator configuration, the OSC1/CLKIN pin is a Schmitt Trigger input. It is not recommended to use an external clock in RC mode.
- 2:** The leakage current on the MCLR pin is strongly dependent on the applied voltage level. The specified levels represent normal operating conditions. Higher leakage current may be measured at different input voltages.
- 3:** Negative current is defined as current sourced by the pin.

## Carbon Film Resistors

# General Type

## Normal & Miniature Style [ CFR Series ]



### INTRODUCTION

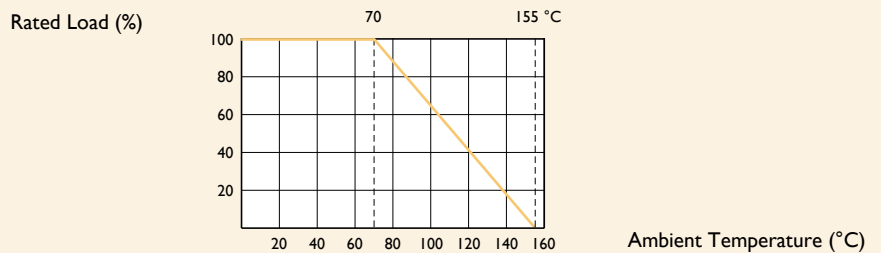
The CFR Series Carbon Film Resistors are manufactured by coating a homogeneous film of pure carbon on high grade ceramic rods. After a helical groove has been cut in the resistive layer, tinned connecting leads of electrolytic copper are welded to the end-caps. The resistors are coated with layers of tan color lacquer.

### FEATURES

Power Rating	1/6W, 1/4W, 1/2W, 1W, 2W, 3W
Resistance Tolerance	±2%, ±5%
T.C.R.	see Table I

### DERATING CURVE

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

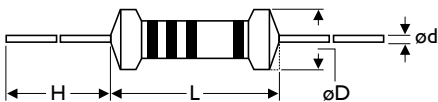


### TABLE I TEMPERATURE COEFFICIENT

STYLE	MAX. VALUE OF TEMP. COEFFICIENT PPM/°C		
	under 100K Ω	100K Ω - 1M Ω	1M Ω - 10M Ω
CFR100, CFR200, CFR2WS, CFR3WS	±350	-500	-1,500
CFR-12, CFR-25, CFR-50, CFR25S, CFR50S, CFR1WS	+350 / -500	-700	-1,500

### DIMENSIONS

Unit: mm



STYLE		DIMENSION			
Normal	Miniature	L	øD	H	ød
CFR-12	CFR25S	3.4±0.3	1.9±0.2	28±2.0	0.45±0.05
CFR-25	CFR50S	6.3±0.5	2.4±0.2	28±2.0	0.55±0.05
CFR-50	CFR1WS	9.0±0.5	3.3±0.3	26±2.0	0.55±0.05
CFR100	CFR2WS	11.5±1.0	4.5±0.5	35±2.0	0.8±0.05
CFR200	CFR3WS	15.5±1.0	5.0±0.5	33±2.0	0.8±0.05

Note:

## ELECTRICAL CHARACTERISTICS

STYLE	CFR-I2	CFR25S	CFR-25	CFR50S	CFR-50	CFRIWS	CFRI00	CFR2WS	CFR200	CFR3WS
Power Rating at 70°C	1/6W	1/4W		1/2W		1W		2W		3W
Maximum Working Voltage	150V	200V	250V	300V	350V	400V	500V			
Maximum Overload Voltage	300V	400V	500V	600V	700V	800V	1,000V			
Voltage Proof	300V	400V	500V			700V	1,000V			
Resistance Range	1 $\Omega$ - 10M $\Omega$ & 0 $\Omega$ for E24 series value									
Operating Temp. Range	-55°C to +155°C									
Temperature Coefficient	see Table I									

Note: Special value is available on request

## ENVIRONMENTAL CHARACTERISTICS

PERFORMANCE TEST	TEST METHOD		APPRAISE
Short Time Overload	IEC 60115-1 4.13	2.5 times RCWV for 5 Sec.	$\pm 0.75\% + 0.05 \Omega$
Voltage Proof	IEC 60115-1 4.7	in V-block for 60 Sec., test voltage by type	By type
Temperature Coefficient	IEC 60115-1 4.8	-55°C to +155°C	By type
Insulation Resistance	IEC 60115-1 4.6	in V-block for 60 Sec.	$> 1,000M \Omega$
Solderability	IEC 60115-1 4.17	235 $\pm$ 5°C for 3 $\pm$ 0.5 Sec.	95% Min. coverage
Solvent Resistance of Marking	IEC 60115-1 4.30	IPA for 5 $\pm$ 0.5 Min. with ultrasonic	No deterioration of coatings and markings
Robustness of Terminations	IEC 60115-1 4.16	Direct load for 10 Sec. in the direction of the terminal leads	$\geq 2.5kg$ (24.5N)
Periodic-pulse Overload	IEC 60115-1 4.39	4 times RCWV 10,000 cycles (1 Sec. on, 25 Sec. off)	$\pm 1.0\% + 0.05 \Omega$
Damp Heat Steady State	IEC 60115-1 4.24	40 $\pm$ 2°C, 90-95% RH for 56 days, loaded with 0.1 times RCWV	$\pm 3.0\% + 0.05 \Omega$
Endurance at 70°C	IEC 60115-1 4.25	70 $\pm$ 2°C at RCWV for 1,000 Hr. (1.5 Hr. on, 0.5 Hr. off)	$\pm 3.0\% + 0.05 \Omega$
Temperature Cycling	IEC 60115-1 4.19	-55°C $\Rightarrow$ Room Temp. $\Rightarrow$ +155°C $\Rightarrow$ Room Temp. (5 cycles)	$\pm 1.0\% + 0.05 \Omega$
Resistance to Soldering Heat	IEC 60115-1 4.18	260 $\pm$ 3°C for 10 $\pm$ 1 Sec., immersed to a point 3 $\pm$ 0.5mm from the body	$\pm 1.0\% + 0.05 \Omega$

Note: Rated Continuous Working Voltage (RCWV) =  $\sqrt{\text{Power Rating} \times \text{Resistance Value}}$

**Features:**

- General purpose resistor ideal for commercial/industrial applications
- Flame retardant coatings standard
- Flameproof version available as CFF and CFFM
- Panasert available on selected sizes - contact Stackpole
- Auto sequencing/insertion compatible
- CFM (mini) ideal choice when size constraints apply
- Cut and formed product is available on select sizes - contact Stackpole
- Standard lead wire for CF and CFM is copper plated steel, with 100% tin over plate
- 100% tin plate on copper wire is available as type CFQ and CFQM
- 100% RoHS compliant and lead free without exemption
- Halogen free
- REACH compliant



**Electrical Specifications - CF**

Type/Code	Size	Power Rating (W) @ 70°C	Maximum Working Voltage (V) <sup>(1)</sup>	Maximum Overload Voltage (V)	Dielectric Withstanding Voltage (V)	TCR (ppm/°C) per Ohmic Range	Ohmic Range (Ω) and Tolerance	
							2%	5%
CF, CFQ	18	0.125	250	500	350	$< 10 \Omega = \pm 400 \text{ ppm/}^\circ\text{C}$ $10 \Omega \text{ to } 9.99\text{K} \Omega = 0 \sim -400 \text{ ppm/}^\circ\text{C}$ $10 \text{K} \Omega \text{ to } 99\text{K} \Omega = 0 \sim -500 \text{ ppm/}^\circ\text{C}$ $100 \text{K} \Omega \text{ to } 999\text{K} \Omega = 0 \sim -850 \text{ ppm/}^\circ\text{C}$ $1\text{M} \Omega \text{ and above} = 0 \sim -1500 \text{ ppm/}^\circ\text{C}$	10 - 1M	1 - 22M
CF, CFQ, PCF	14	0.25	350	600	350		1 - 1M	1 - 22M
CF, CFQ	12	0.5	350	700	600		10 - 1M	1 - 22M
CF, CFQ	1	1	500	1000	600		1 - 1M	1 - 10M
CF, CFQ	2	2	500	1000	600		1 - 1M	1 - 10M

(1) Lesser of  $\sqrt{P \cdot R}$  or maximum working voltage.

**Electrical Specifications - CFM**

Type/Code	Size	Power Rating (W) @ 70°C	Maximum Working Voltage (V) <sup>(1)</sup>	Maximum Overload Voltage (V)	Dielectric Withstanding Voltage (V)	TCR (ppm/°C) per Ohmic Range	Ohmic Range (Ω) and Tolerance	
							2%	5%
CFM, CFQM	14	0.25	250	500	350	<div>&lt; 10 Ω = ±400 ppm/°C 10 Ω to 9.99K Ω = 0 ~ -400 ppm/°C 10 K Ω to 99K Ω = 0 ~ -500 ppm/°C 100 K Ω to 999K Ω = 0 ~ -850 ppm/°C 1M Ω and above = 0 ~ -1500 ppm/°C</div>	1 - 1M	1 - 10M
CFM, CFQM, PCFM	12	0.5	350	600	350		1 - 1M	1 - 10M
CFM, CFQM	1	1	600	1000	600		1 - 1M	1 - 10M

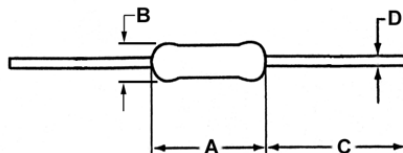
(1) Lesser of  $\sqrt{P \cdot R}$  or maximum working voltage.

**Electrical Specifications – CFF/CFFM**

Type/Code	Size	Power Rating (W) @ 70°C	Maximum Working Voltage (V) <sup>(1)</sup>	Maximum Overload Voltage (V)	Dielectric Withstanding Voltage (V)	TCR (ppm/°C) per Ohmic Range	Ohmic Range (Ω) and Tolerance	
							2%, 5%	
CFF	18	0.166	200	400	300	$< 10 \Omega = \pm 400 \text{ ppm/}^\circ\text{C}$ $10 \Omega \text{ to } 9.99\text{K} \Omega = 0 \sim -400 \text{ ppm/}^\circ\text{C}$ $10 \text{K} \Omega \text{ to } 99\text{K} \Omega = 0 \sim -500 \text{ ppm/}^\circ\text{C}$ $100 \text{K} \Omega \text{ to } 999\text{K} \Omega = 0 \sim -850 \text{ ppm/}^\circ\text{C}$ $1\text{M} \Omega \text{ and above} = 0 \sim -1500 \text{ ppm/}^\circ\text{C}$	1 - 2.2M	
	14	0.25	300	600	500		1 - 5.1M	
	12	0.5	350	700	500			
CFFM	14	0.25	250	500	300		1 - 2.2M	
	12	0.5	300	600	500			

(1) Lesser of  $\sqrt{P \cdot R}$  or maximum working voltage.

### Mechanical Specifications



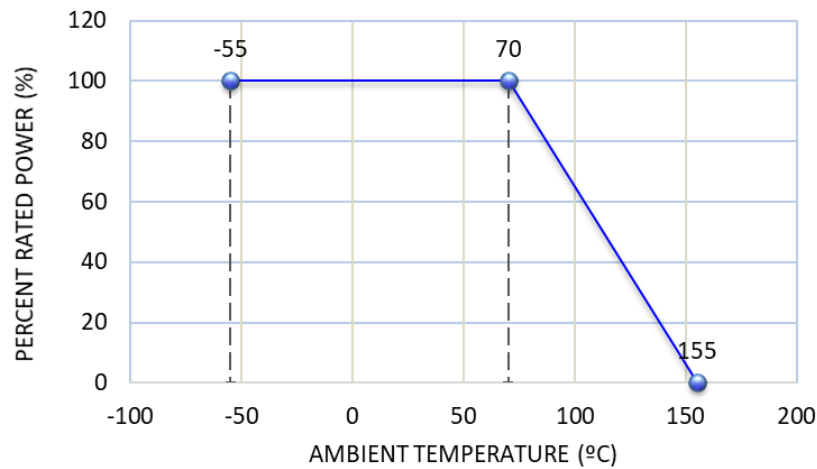
Type/Code	Size	A Body Length	B Body Diameter	C Lead Length (Bulk)	D - Lead Diameter	Unit
CF	18	0.130 ± 0.012	0.067 ± 0.012	1.102 ± 0.118 28.00 ± 3.00	0.016 ± 0.003	inches
CFQ		3.30 ± 0.30	1.70 ± 0.30		0.40 ± 0.08	mm
CFF	18	0.126 ± 0.008	0.073 ± 0.008		0.018 ± 0.003	inches
CF, CFF, CFQ, PCF		3.20 ± 0.20	1.85 ± 0.20		0.45 ± 0.08	mm
CFFM	14	0.236 ± 0.012	0.091 ± 0.012		0.018 ± 0.002	inches
CFM		6.00 ± 0.30	2.30 ± 0.30		0.45 ± 0.05	mm
CFQM		0.126 ± 0.008	0.073 ± 0.008		0.022 ± 0.003	inches
		3.20 ± 0.20	1.85 ± 0.20		0.55 ± 0.08	mm
CF	12	0.335 ± 0.039	0.106 ± 0.020		0.018 ± 0.002	inches
CFF, CFQ		8.50 ± 1.00	2.70 ± 0.50		0.45 ± 0.05	mm
CFM, CFQM, CFFM		0.236 ± 0.012	0.091 ± 0.012		0.016 ± 0.003	inches
	1	6.00 ± 0.30	2.30 ± 0.30		0.40 ± 0.08	mm
CF, CFQ		0.433 ± 0.039	0.177 ± 0.020	1.181 ± 0.118	0.018 ± 0.003	inches
		11.00 ± 1.00	4.50 ± 0.50	30.00 ± 3.00	0.45 ± 0.08	mm
CFM, CFQM	1	0.354 ± 0.020	0.138 ± 0.020	1.102 ± 0.118	0.028 ± 0.004	inches
		9.00 ± 0.50	3.50 ± 0.50	28.00 ± 3.00	0.70 ± 0.10	mm
CF, CFQ	2	0.591 ± 0.039	0.197 ± 0.020	1.339 ± 0.157	0.022 ± 0.003	inches
		15.00 ± 1.00	5.00 ± 0.50	34.00 ± 4.00	0.55 ± 0.08	mm
					0.031 ± 0.004	inches
					0.80 ± 0.10	mm

### Performance Characteristics

Test	Test Method	Typical Result			Test Limit		
Current Noise	MIL-STD 202, Method 308	1Ω ~ 91KΩ	100KΩ ~ 910KΩ	1MΩ ~ 22MΩ	1Ω ~ 91KΩ	100KΩ ~ 910KΩ	1MΩ ~ 22MΩ
		0.15μ V/V	0.32μ V/V	0.54μ V/V	0.2μ V/V	0.4μ V/V	0.6μ V/V
Short Time Overload	JIS C5201-1, IEC60115-1, 4.13	< ± 0.25%			≤ ± (0.75% + 0.05Ω)		
Resistance to Soldering Heat	JIS C5201-1, IEC60115-1, 4.18	< ± 0.3%			≤ ± (0.5% + 0.05Ω)		
Rapid Change of Temperature	JIS C5201-1, IEC60115-1, 4.19	< ± 0.3%			≤ ± (1% + 0.05Ω)		
Endurance at 70°C	JIS C5201-1, IEC60115-1, 4.25.1	< ± 1%			R < 100KΩ: ≤ ± (2% + 0.05Ω) R ≥ 100KΩ: ≤ ± (3% + 0.05Ω)		
Terminal Strength	MIL-STD 202, Method 211	< ± 0.2%			≤ ± (0.5% + 0.05Ω)		
Damp Heat (Steady state)	JIS C5201-1, IEC60115-1, 4.24	< ± 1.5%			R < 100KΩ: ≤ ± (3% + 0.05Ω) R ≥ 100KΩ: ≤ ± (5% + 0.05Ω)		

Operating temperature range is -55°C to +155°C

### Power Derating Curve:



### Recommended Solder Profiles

This information is intended as a reference for solder profiles for Stackpole resistive components. These profiles should be compatible with most soldering processes. These are only recommendations. Actual numbers will depend on board density, geometry, packages used, etc., especially those cells labeled with “\*\*”.

#### 100% Matte Tin / RoHS Compliant Terminations

Soldering iron recommended temperatures: 330°C to 350°C with minimum duration.  
Maximum number of reflow cycles: 3.

#### Wave Soldering – 100% Matte Tin / RoHS Compliant Terminations

Description	Maximum	Recommended	Minimum
Preheat Time	80 seconds	70 seconds	60 seconds
Temperature Diff.	140°C	120°C	100°C
Solder Temp.	260°C	250°C	240°C
Dwell Time at Max.	10 seconds	5 seconds	*
Ramp DN (°C/sec)	N/A	N/A	N/A

Temperature Diff. = Difference between final preheat stage and soldering stage.

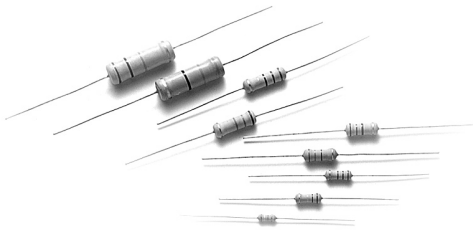
#### Convection IR Reflow – 100% Matte Tin / RoHS Compliant Terminations

Description	Maximum	Recommended	Minimum
Ramp Up (°C/sec)	3°C/sec	2°C/sec	*
Dwell Time > 217°C	150 seconds	90 seconds	60 seconds
Solder Temp.	260°C	245°C	*
Dwell Time at Max.	30 seconds	15 seconds	10 seconds
Ramp DN (°C/sec)	6°C/sec	3°C/sec	*

## Metal Oxide Film Resistors

# Flame-Proof Type

## Normal & Miniature Style [ RSF Series ]



### INTRODUCTION

The RSF Series Metal Oxide Film Flame-Proof Resistors offer excellent performance in applications where stability and uniformity of characteristics are desired. They provide lower cost alternatives to Carbon Composition Resistors and General Purpose Metal Films. Metal Oxides also can replace many low power General Purpose wirewound applications, saving both money and time, with shorter delivery cycles. The normal style & the miniature style of RSF series are coated with layers of gray and pink colors flame-proof lacquer respectively.

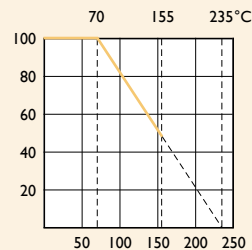
### FEATURES

Power Rating	1/4W, 1/2W, 1W, 2W, 3W, 5W
Resistance Tolerance	±2%, ±5%
T.C.R.	±300ppm/°C
Flameproof Multi-layer Coating Meets	UL-94V-0
Flameproof Feature Meets Overload Test	UL-1412

### DERATING CURVE

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

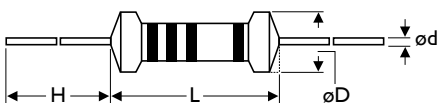
Rated Load (%)



Ambient Temperature (°C)

### DIMENSIONS

Unit: mm



STYLE		DIMENSION			
Normal	Miniature	L	øD	H	ød
RSF-25	RSF50S	6.3±0.5	2.4±0.2	28±2.0	0.55±0.05
RSF-50	RSF1WS	9.0±0.5	3.3±0.3	26±2.0	0.55±0.05
RSF100	RSF2WS	11.5±1.0	4.5±0.5	35±2.0	0.8±0.05
RSF200	RSF3WS	15.5±1.0	5.0±0.5	33±2.0	0.8±0.05
RSF3WM	RSF5SS	17.5±1.0	6.5±1.0	32±2.0	0.8±0.05
RSF300	RSF5WS	24.5±1.0	8.5±1.0	38±2.0	0.8±0.05
RSF500	-	24.5±1.0	8.5±1.0	38±2.0	0.8±0.05

Note: RSF1WS (for MB Type) ød = 0.8±0.05mm



## ELECTRICAL CHARACTERISTICS

### NORMAL STYLE

STYLE	RSF-25	RSF-50	RSF100	RSF200	RSF3WM	RSF300	RSF500
Power Rating at 70°C	1/4W	1/2W	1W	2W	3W		5W
Maximum Working Voltage	200V	250V	350V		450V	500V	750V
Maximum Overload Voltage	300V	400V	600V		700V	800V	1,000V
Voltage Proof	250V	350V	500V		600V	700V	750V
Resistance Range	1 $\Omega$ - 1M $\Omega$ & 0 $\Omega$ for E24 series value						
Operating Temp. Range	-55°C to +235°C						
Temperature Coefficient	$\pm 300$ ppm/°C						

### MINIATURE STYLE

STYLE	RSF50S	RSFIWS	RSF2WS	RSF3WS	RSF5SS	RSF5WS
Power Rating at 70°C	1/2W	1W	2W	3W	5W	
Maximum Working Voltage	250V	300V	350V		500V	700V
Maximum Overload Voltage	400V	500V	600V		800V	900V
Voltage Proof	350V	400V	500V		700V	700V
Resistance Range	1 $\Omega$ - 1M $\Omega$ & 0 $\Omega$ for E24 series value					
Operating Temp. Range	-55°C to +235°C					
Temperature Coefficient	$\pm 300$ ppm/°C					

Note: Special value is available on request

## ENVIRONMENTAL CHARACTERISTICS

PERFORMANCE TEST	TEST METHOD		APPRAISE
Short Time Overload	IEC 60115-1 4.13	2.5 times RCWV for 5 Sec.	$\pm 1.0\% + 0.05 \Omega$ for normal style $\pm 2.0\% + 0.05 \Omega$ for miniature style
Voltage Proof	IEC 60115-1 4.7	in V-block for 60 Sec., test voltage by type	By type
Temperature Coefficient	IEC 60115-1 4.8	-55°C to +155°C	By type
Insulation Resistance	IEC 60115-1 4.6	in V-block for 60 Sec.	>1,000M $\Omega$
Solderability	IEC 60115-1 4.17	235 $\pm$ 5°C for 3 $\pm$ 0.5 Sec.	95% Min. coverage
Solvent Resistance of Marking	IEC 60115-1 4.30	IPA for 5 $\pm$ 0.5 Min. with ultrasonic	No deterioration of coatings and markings
Robustness of Terminations	IEC 60115-1 4.16	Direct load for 10 Sec. in the direction of the terminal leads	$\geq 2.5$ kg (24.5N)
Periodic-pulse Overload	IEC 60115-1 4.39	4 times RCWV 10,000 cycles (1 Sec. on, 25 Sec. off)	$\pm 2.0\% + 0.05 \Omega$
Damp Heat Steady State	IEC 60115-1 4.24	40 $\pm$ 2°C, 90-95% RH for 56 days, loaded with 0.1 times RCWV	$\pm 5.0\% + 0.05 \Omega$
Endurance at 70°C	IEC 60115-1 4.25	70 $\pm$ 2°C at RCWV for 1,000 Hr. (1.5 Hr. on, 0.5 Hr. off)	$\pm 5.0\% + 0.05 \Omega$
Temperature Cycling	IEC 60115-1 4.19	-55°C $\Rightarrow$ Room Temp. $\Rightarrow$ +155°C $\Rightarrow$ Room Temp. (5 cycles)	$\pm 1.0\% + 0.05 \Omega$
Resistance to Soldering Heat	IEC 60115-1 4.18	260 $\pm$ 3°C for 10 $\pm$ 1 Sec., immersed to a point 3 $\pm$ 0.5mm from the body	$\pm 1.0\% + 0.05 \Omega$
Accidental Overload Test	IEC 60115-1 4.26	4 times RCWV for 1 Min.	No evidence of flaming or arcing

Note: Rated Continuous Working Voltage (RCWV) =  $\sqrt{\text{Power Rating} \times \text{Resistance Value}}$