

Universidad de Costa Rica

Facultad de Ingeniería

Escuela de Ingeniería Eléctrica

IE0624

Lab. Microcontroladores

`github.com/IsaacStalley/lab-micro`

Lab 1: Intro a microcontroladores y manejo de GPIOs

Isaac Stalley (B97756)

II-2023

1. Resumen

Este informe detalla el diseño y análisis de un simulador de dado basado en el microcontrolador PIC12F683. Comenzando con una sólida base teórica que abarca las características del microcontrolador y los periféricos, el proyecto se centra en la generación de números aleatorios y la temporización. El circuito diseñado incorpora el microcontrolador PIC12F683, LEDs, resistencias y un botón pulsador, con pines GPIO asignados para controlar los LEDs.

Los resultados de la simulación en SimulIDE destacan mediciones de corriente en los LEDs, mostrando una oportunidad de optimizar el brillo sin exceder las limitaciones del microcontrolador. En conclusión, este proyecto no solo cumple con éxito su objetivo de crear un simulador de dado funcional, sino que también ofrece un estudio pequeño en electrónica y programación de microcontroladores, respaldada por un enfoque teórico y un análisis práctico de los resultados.

2. Nota Teórica

2.1. Microcontrolador PIC12F683

Segun la hoja de datos el microcontrolador PIC12F683, fabricado por Microchip Technology, es un dispositivo basado en la arquitectura PIC de 8 bits (la arquitectura corresponde a la lista de instrucciones que maneja el microcontrolador, se requiere un compilador para la arquitectura si se desea realizar hardware en un lenguaje de programación mas alta). Es ampliamente utilizado en aplicaciones que requieren bajo consumo de energía y un diseño compacto. Algunas de sus características generales son:

- Arquitectura Harvard de 8 bits.
- Frecuencia de reloj de hasta 20 MHz.
- 2056 words de memoria de programa.

- 128 bytes de SRAM.
- 256 bytes de EEPROM.
- Periféricos integrados como GPIOs, temporizadores, comparadores analógicos y módulo de captura/comparación/PWM (CCP).
- Bajo consumo de energía en modos de bajo consumo.

2.1.1. Diagrama de Bloques

El diagrama de bloques del PIC12F683 muestra sus principales componentes internos, incluyendo la CPU, memoria Flash, RAM, periféricos y unidades de reloj, en este laboratorio el interés principal es en los pines del puerto GPIO que se observa en la esquina superior derecha.

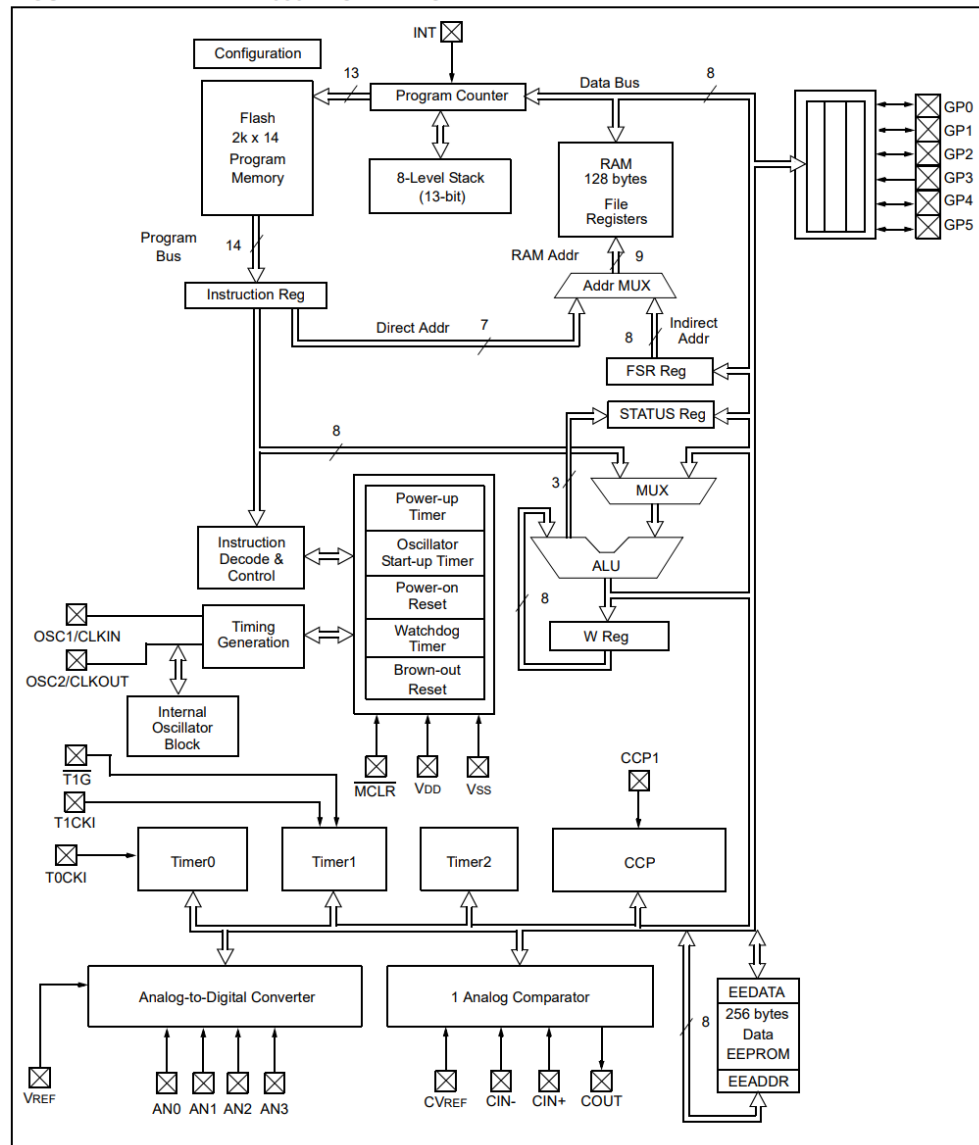
FIGURE 1-1: PIC12F683 BLOCK DIAGRAM

Figura 1: Diagrama de bloques tomado de la hoja de datos

2.1.2. Diagrama de Pines

El diagrama de pines del PIC12F683 muestra la asignación de funciones a los pines físicos del microcontrolador, en este laboratorio se utilizaron los pines GPO5, GPO4 y GPO0-GP02, además del pin Vdd y Vss para alimentar el microcontrolador.

8-Pin Diagram (PDIP, SOIC)

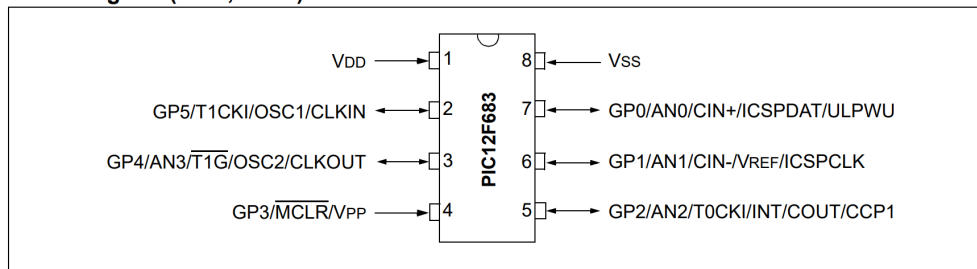


Figura 2: Diagrama de pines tomado de la hoja de datos

2.1.3. Características Eléctricas

Nombre	Valor Maximo	Unidad
Vdd referido a Vss	-0.3 a 6.5	V
GPIO referido a Vss	-0.3 a Vdd + 0.3	V
Corriente en Vdd	95	mA
Corriente en Vss	95	mA
Corriente en GPIO	90	mA
Corriente en Pines de GPIO	25	mA

Cuadro 1: Valores máximos tomados de la hoja de datos

2.1.4. Periféricos Utilizados

- **GPIOs (GP0-GP5):** Los pines GPIOs pueden ser configurados como entradas o salidas digitales (salvo el pin GP3 que solo opera como entrada). En este proyecto, se utilizan para controlar los LEDs y leer el estado del botón.

2.2. Componentes Electrónicos Complementarios

2.2.1. LEDs

Se utilizan 6 LEDs azules para representar los valores del dado, la caída de tensión sobre los LEDs y la magnitud del brillo dependen de la corriente suministrada a ellos.

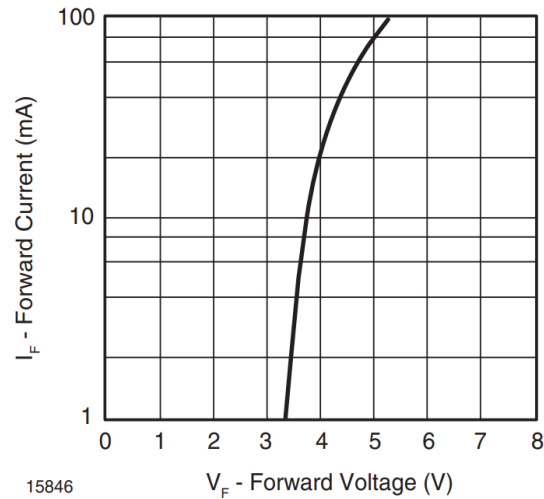


Fig. 3 - Forward Current vs. Forward Voltage

Figura 3: V_F vs I_F tomado de la hoja de datos

Nombre	Valor Máximo	Unidad
Reverse voltage V_R	5	V
Corriente I_F	20	mA

Cuadro 2: Valores máximos tomados de la hoja de datos

2.2.2. Botón Pulsador

Un botón se utiliza para simular el lanzamiento del dado, el botón posee dos estados, abierto: que funciona para abrir el circuito (no fluye corriente) y cerrado: funciona como un corto circuito cerrando el circuito.

Nombre	Valor Máximo	Unidad
Corriente @ $24V_{DC}$	50	mA

Cuadro 3: Valores máximos tomados de la hoja de datos

2.2.3. Resistencias

Se conectan en serie con los LEDs para limitar la corriente y prevenir daños. También se utilizaron como resistencia Pull-Down para mantener el pin de entrada en un estado logico (zero) cuando el botón no se presiona.

Nombre	Valor Máximo	Unidad
Potencia 100Ω	1	W
Potencia $56k\Omega$	0.5	W

Cuadro 4: Valores máximos tomados de la hoja de datos

2.3. Diseño del Circuito

El circuito consta de un microcontrolador PIC12F683, 6 LEDs, un botón pulsador, resistencias limitadoras de corriente y una resistencia Pull-Down. Los LEDs están conectados a los pines GPIO (GP0-GP5) a través de resistencias limitadoras de corriente. El botón pulsador se conecta a un pin GPIO y a Vdd, y se utiliza una resistencia pull-down para mantener el pin en estado bajo (logico zero) cuando no se presiona.

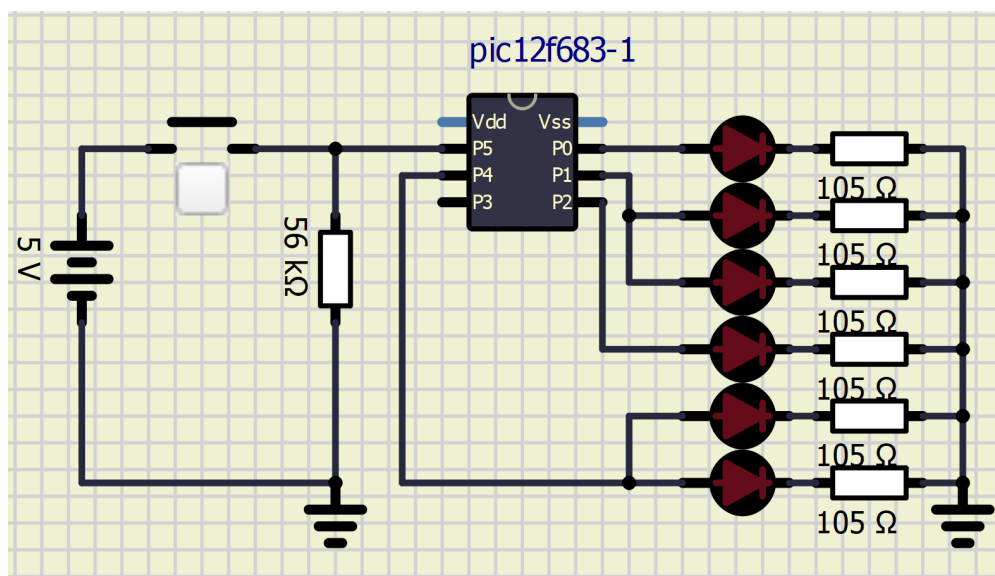


Figura 4: Hardware creado en SimulIDE

Pin 5 (GP1): Este pin se utiliza como entrada y está conectado al botón pulsador. Cuando el botón se presiona, el programa se activa para simular el lanzamiento del dado.

Pin 0 (GP0): Este pin se utiliza para encender un solo LED. La lógica detrás de este pin es: `if (randNumb % 2 | randNumb == 6)`. Esto significa que el LED se encenderá si el número aleatorio generado es impar (1, 3, 5) o 6.

Pin 1 (GP1): Este pin se utiliza para encender dos LEDs. La lógica detrás de este pin es: **if (randNumb > 1)**. El LED se encenderá si el número aleatorio generado es mayor que 1, es decir, 2, 3, 4, 5 o 6.

Pin 2 (GP2): Este pin se utiliza para encender un solo LED. La lógica detrás de este pin es: **if (randNumb == 6)**. El LED se encenderá solo si el número aleatorio generado es 6.

Pin 4 (GP4): Este pin se utiliza para encender dos LEDs. La lógica detrás de este pin es: **if (randNumb > 3)**. Los dos LEDs se encenderán si el número aleatorio generado es 4, 5 o 6.

2.4. Justificación de Componentes

- Resistencias Limitadoras: Se utilizan para limitar la corriente que fluye a través de los LEDs, evitando daños. El valor de estas resistencias depende de la tensión de alimentación y las características de los LEDs.

Asumiendo que la tensión en los pines GPIO es de $V_{dd} = 5V$ (en realidad es un poco menor a V_{dd} debido a caídas de tensión en los componentes internos), además según la hoja de datos de los LEDs, estos poseen una caída de tensión nominal de $3.7V @ 12.5mA$ 3. Como se decide alimentar a dos LEDs con un solo pin en algunos casos, se diseña para alimentar los LEDs con $12.5mA$, de esta manera no se supera la corriente máxima en cada pin y en el puerto GPIO ($12.5mA \times 6 = 75mA$) 1.

Considerando el uso de resistencias con tolerancias de 1 %, se disminuya la corriente en la ecuación 1 %, para obtener el siguiente valor:

$$R = \frac{5V - 3,7V}{12,375} = 105,05\Omega \quad (1)$$

$$I = \frac{5V - 3,7V}{105\Omega} = 12,38mA \quad (2)$$

Tambien se debe revisar que la potencia disipada por las resistencias no supera el valor maximo:

$$W = (5V - 3,7V) * 12,5mA = 16,25mW \quad (3)$$

Este valor de corriente es aceptable ya que es inferior a los valores de corriente máxima del microcontrolador (12.5mA x2 = 25mA) 1, los LEDs (20mA) 2 y las resistencias (1W) 4. Por lo que se elige utilizar el valor comercial de 105Ω.

- Resistencia Pull-Down: Garantiza un estado definido en el pin del botón cuando no se presiona. Debe ser suficientemente grande para prevenir un flujo de corriente grande de Vdd a tierra en caso de presionar el botón, con Vdd = 5V se utilizan valores entre 10kΩ y 100kΩ por lo que se elige utilizar el valor comercial de 56kΩ.

En este caso la corriente por el botón y la resistencia es de:

$$I = \frac{5V}{56K\Omega} = 89,29\mu A \quad (4)$$

Lo cual es mucho menor a la corriente máxima del botón (50mA) 3 y la potencia máxima que puede disipar la resistencia (0.5W) ya que (5V x89.3uA = 0.5mW) 4.

2.5. Lista de Componentes y Precios Aproximados

Componente	Cantidad	Precio por Unidad
PIC12F683	1	\$1.71
Boton Switch	1	\$3.15
LED Azul	6	\$0.22
Resistencia 100Ω	6	\$2.80
Resistencia 56kΩ	1	\$0.25
Precio Total	-	\$23.23

Cuadro 5: Lista y precios de componentes [1]

2.6. Conceptos Fundamentales Adicionales

2.6.1. Generación de Números Aleatorios por LFSR

El algoritmo de LFSR (Linear Feedback Shift Register), es un método popular para generar secuencias de números pseudoaleatorios en sistemas digitales y de computación. Es especialmente eficiente en términos de hardware y se basa en una serie de registros de desplazamiento (bits) que se desplazan a través de operaciones lógicas para generar una secuencia aparentemente aleatoria. [2]

Registro de Desplazamiento: El corazón del algoritmo es un registro de desplazamiento que contiene un número fijo de bits, por ejemplo, 8 bits. Estos bits se almacenan en celdas numeradas desde 0 hasta $N-1$, donde N es el número de bits en el registro.

Estado Inicial: El registro se inicializa con un valor conocido llamado semilla. La elección de esta semilla determina la secuencia de números que se generará.

Desplazamiento: En cada paso de reloj, los bits en el registro se desplazan una posición hacia la derecha o izquierda, dependiendo de la implementación.

Retroalimentación Lineal: La característica clave del LFSR es la retroalimentación. Algunos bits del registro se seleccionan y se combinan mediante la operación lógica XOR con una máscara para formar un nuevo bit que se inserta en el registro. Este nuevo bit se convierte en el MSB o LSB y el proceso de desplazamiento continúa.

Generación de Bits Pseudoaleatorios: El bit que se saca del registro (LSB o MSB) se utiliza como el bit de salida del algoritmo. Este bit se toma como un bit pseudoaleatorio.

Secuencia de Pseudoaleatorios: Repitiendo este proceso de desplazamiento y retroalimentación en cada paso de reloj, el LFSR genera una secuencia aparentemente aleatoria de bits. Esta secuencia puede ser utilizada como números pseudoaleatorios.

2.6.2. Temporización

Los retrasos temporales son útiles para una variedad de propósitos, como sincronizar eventos, generar señales periódicas, o simplemente para asegurarse de que ciertas operaciones se realicen en un tiempo específico. La temporización en microcontrolares se puede generar por medio de dos bucles while anidados para generar un retraso. [3] Este enfoque se conoce como retardo basado en bucle:

Bucle Exterior: El bucle exterior se ejecuta un número específico de veces, lo que determina la duración total del retraso. Puede estar basado en una cantidad fija de iteraciones o en una condición particular que debe cumplirse.

Bucle Interior: El bucle interior se ejecuta dentro del bucle exterior. Su propósito es generar una pausa o retardo corto. La cantidad de veces que se repite el bucle interior determina el tiempo que dura este retardo.

3. Análisis de Resultados

3.0.1. Resultados

El diseño propuesto fue simulado en SimulIDE y funciona de la manera esperada, al presionar el botón se observa que una cantidad de LEDs aleatorias se enciendan. En las siguientes imágenes se observan tres de los seis posibles estados como una muestra:

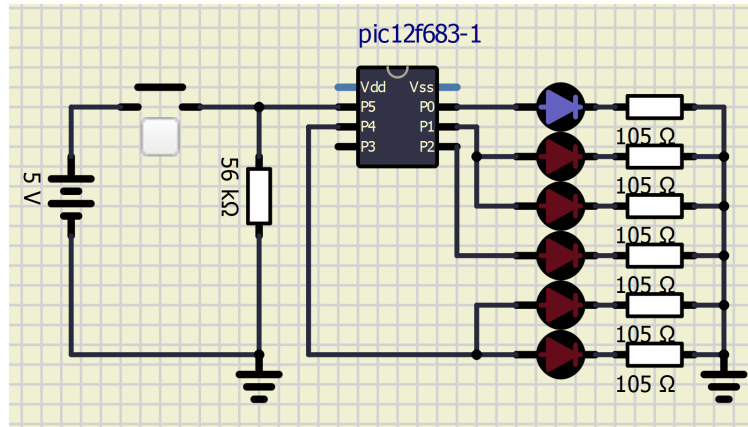


Figura 5: Circuito con un LED encendido

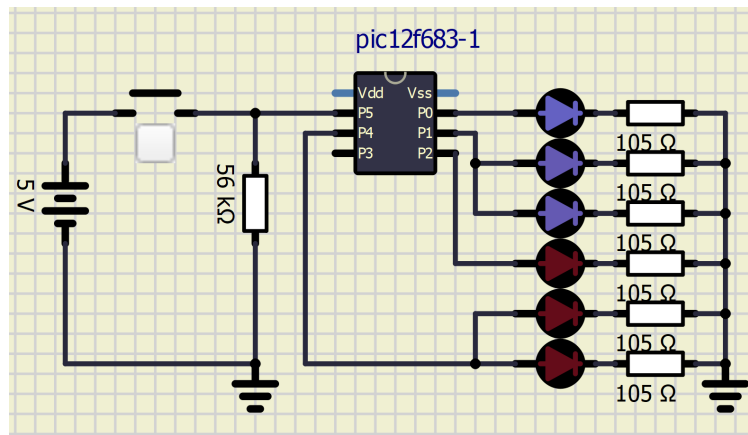


Figura 6: Circuito con tres LED encendidos

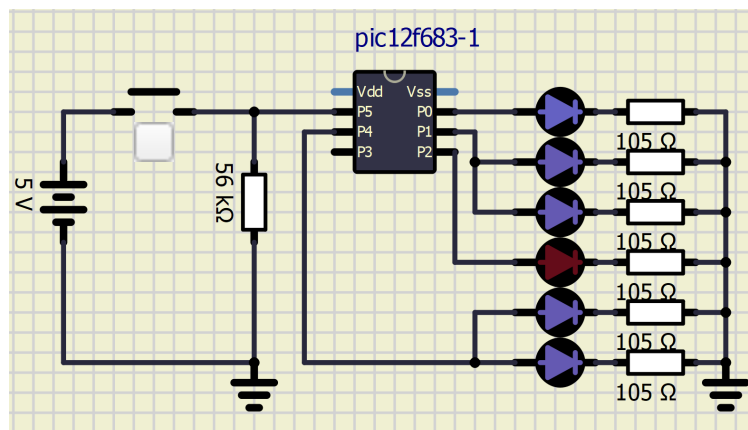


Figura 7: Circuito con cinco LED encendidos

3.0.2. Análisis

Ahora, utilizando las herramientas de medición del simulador se comparan los valores de la simulación con los valores calculados en la sección de diseño.

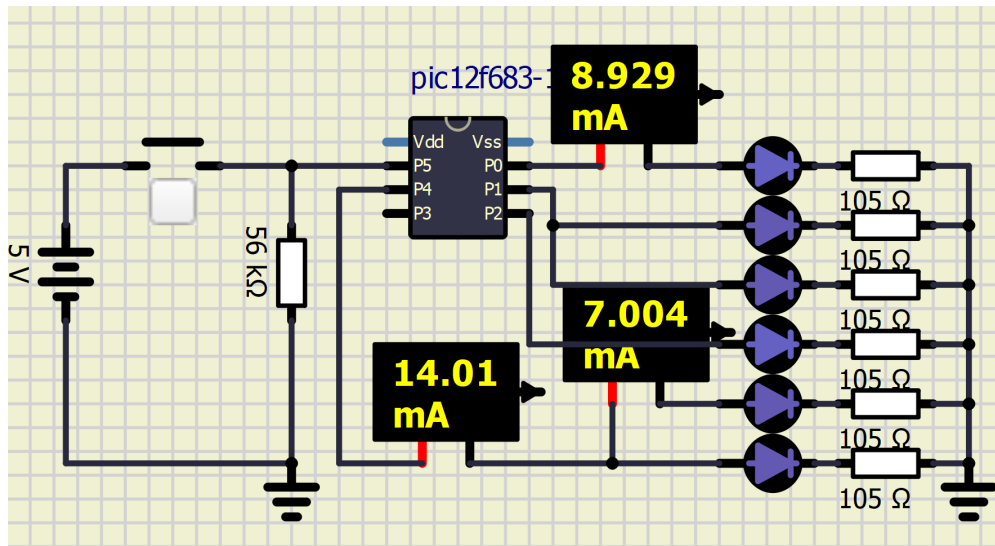


Figura 8: Circuito con medidores de corriente

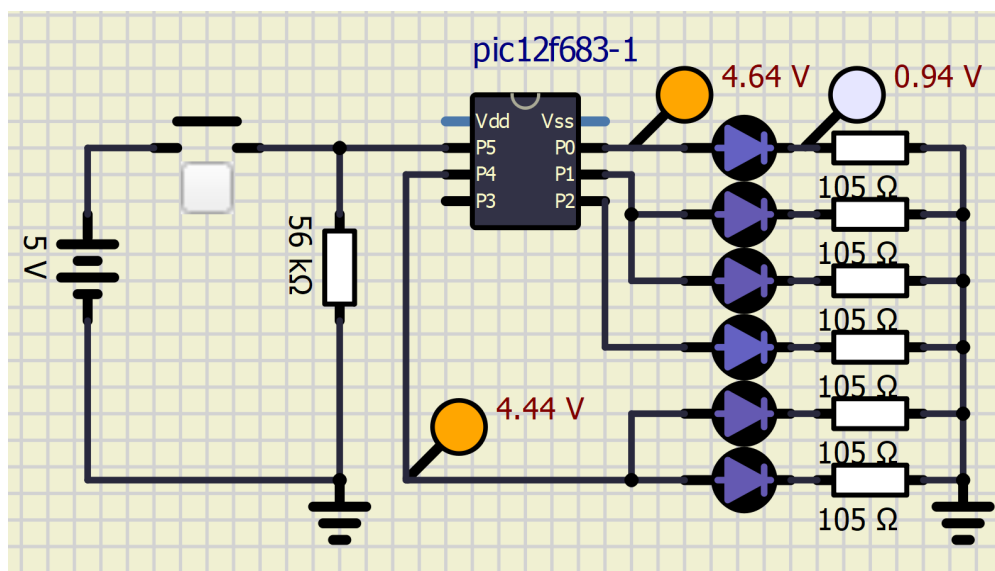


Figura 9: Circuito con medidores de voltaje

En la figura 8, se aprecia la corriente que fluye a través de los LEDs conectados a los pines GPO0 y GPO4. Aunque se había diseñado el circuito para una corriente de 12.5mA, es

importante notar que la tensión en los pines de salida es inferior a V_{dd} debido a las caídas de tensión internas del microcontrolador, como se puede evidenciar en la figura 9. Como resultado, se registró una corriente efectiva más baja, medida en 8.93mA y 7mA para los LEDs respectivamente.

Esta discrepancia señala que los LEDs están siendo alimentados con un valor de corriente pequeña y existe una posibilidad de aumentarlo ya que la corriente máxima es de 20mA, lo que sugiere que el brillo de los LEDs podría aumentarse aún más. Sin embargo, es esencial reconocer las limitaciones del microcontrolador al usarlo para alimentar los LEDs.

Una mejora significativa se puede lograr empleando transistores como interruptores y fuentes de corriente. En este enfoque, el microcontrolador se conecta a la base del transistor mediante una resistencia de polarización (biasing resistor), cuyo valor se calcula según la corriente deseada para los LEDs. La fuente de tensión se conecta al colector del transistor, mientras que los LEDs se sitúan entre el emisor del transistor y tierra. Esto permitirá que los LEDs sean alimentados directamente por el transistor, que actúa como una fuente de corriente controlada, y el microcontrolador se encarga de activar y desactivar esta fuente de corriente.

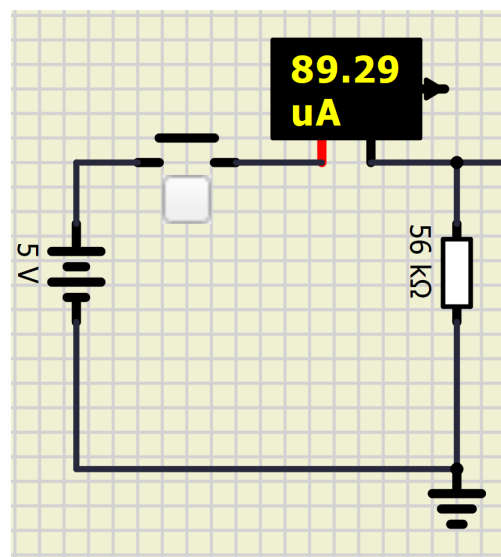


Figura 10: Entrada con medidor de corriente

Por otra parte, en la entrada del circuito 10 se observa que la corriente medida es de 89.3mA lo cual es el valor esperado según el diseño.

4. Conclusiones

1. El simulador de un dado de seis caras utilizando el PIC12F683 ha demostrado funcionar de acuerdo a las especificaciones y expectativas. Al presionar el botón, se generan valores aleatorios que se reflejan correctamente en los LEDs, representando las caras de un dado de 6 caras.
2. Se observa una discrepancia en la corriente medida en los LEDs en comparación con la corriente esperada. Esto se debe a las caídas de tensión internas en el microcontrolador y las resistencias limitadoras de corriente. Es importante comprender estas limitaciones y tomarlas en cuenta al diseñar circuitos similares.
3. La configuración de pines, donde cada pin GPIO se utiliza para controlar LEDs de acuerdo a condiciones específicas, es efectiva para representar los resultados de un lanzamiento de dado, sin embargo existen limitaciones por ejemplo en este proyecto se tuvo que utilizar pines para alimentar mas de un LED.
4. Se ha observado una limitación en la capacidad del microcontrolador PIC12F683 para alimentar múltiples LEDs sin superar su corriente máxima de salida, lo que resulta en un sacrificio de la corriente suministrada en los LEDs, lo que reduce su brillo.

5. Sugerencias

Las mediciones realizadas en el circuito del simulador de dado con el microcontrolador PIC12F683 han demostrado que existe margen para aumentar la intensidad luminosa de los LEDs, ya que la corriente suministrada se encuentra por debajo de su límite máximo permitido de 20mA. Se recomienda implementar una solución con transistores actuando como fuentes de corriente controladas por el microcontrolador, lo que permitirá un control más preciso de la corriente y una iluminación óptima sin poner en riesgo el funcionamiento del microcontrolador. Este enfoque mejora la eficiencia y uso de los componentes y garantiza un rendimiento óptimo del sistema.

Referencias

- [1] M. Technologies, “Mouser store.” Available at <https://www.mouser.com/> (2023/09/2).
- [2] A. Devices, “Pseudo random number generation using linear feedback shift registers.” Available at <https://www.analog.com/en/design-notes/random-number-generation-using-lfsr.html> (2023/09/2).
- [3] “Delay.” Available at <https://robolabor.ee/homelab/en/examples/timer/delay> (2023/09/2).

6. Anexos

8-Pin Flash-Based, 8-Bit CMOS Microcontrollers with nanoWatt Technology

High-Performance RISC CPU

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

Special Microcontroller Features

- Precision Internal Oscillator:
 - Factory calibrated to $\pm 1\%$
 - Software selectable frequency range of 8 MHz to 31 kHz
 - Two-speed Start-up mode
 - Crystal fail detect for critical applications
 - Clock mode switching during operation for power savings
- Power-saving Sleep mode
- Wide operating voltage range. (2.0V-5.5V)
- Industrial and Extended temperature range
- Power-on Reset (POR)
- Power-up Timer (PWRT) and Oscillator Start-up Timer (OST)
- Multiplexed Master Clear with pull-up/input pin
- Programmable code protection
- High Endurance Flash/EEPROM cell:
 - 100,000 write Flash endurance
 - 1,000,000 write EEPROM endurance
 - Flash/Data EEPROM Retention: > 40 years

Low-Power Features

- Standby Current:
 - 1 nA @ 2.0V, typical
- Operating Current:
 - 8.5 μ A @ 32 kHz, 2.0V, typical
 - 100 μ A @ 1 MHz, 2.0V, typical
- Watchdog Timer Current:
 - 1 μ A @ 2.0V, typical

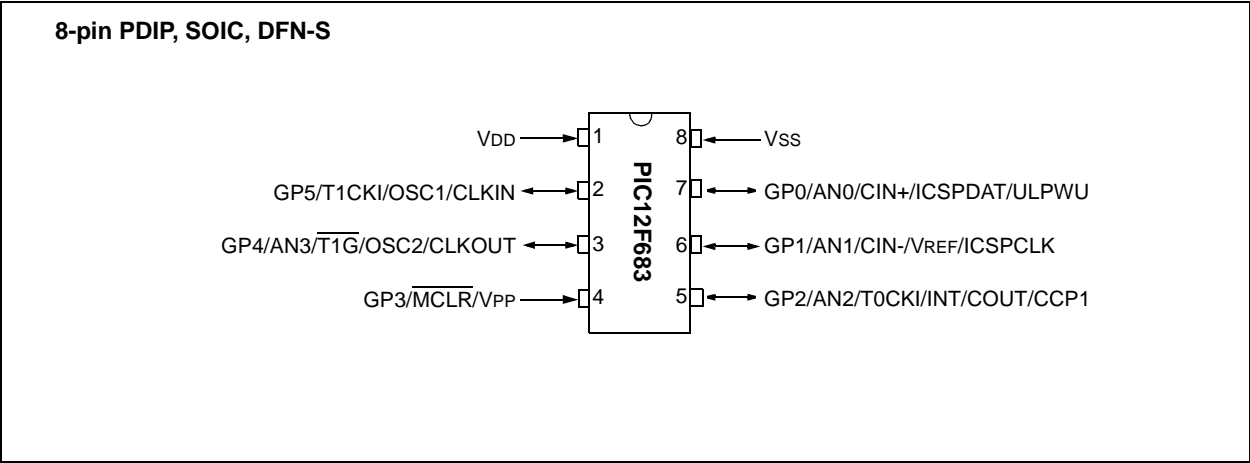
Peripheral Features

- 6 I/O pins with individual direction control:
 - High current source/sink for direct LED drive
 - Interrupt-on-pin change
 - Individually programmable weak pull-ups
 - Ultra Low-Power Wake-up on GP0
- Analog comparator module with:
 - One analog comparator
 - Programmable on-chip voltage reference (CVREF) module (% of VDD)
 - Comparator inputs and output externally accessible
- A/D Converter:
 - 10-bit resolution and 4 channels
- 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
- Timer2: 8-bit timer/counter with 8-bit period register, prescaler and postscaler
- Capture, Compare, PWM module:
 - 16-bit Capture, max resolution 12.5 ns
 - Compare, max resolution 200 ns
 - 10-bit PWM, max frequency 20 kHz
- 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)				
PIC12F683	2048	128	256	6	4	1	2/1

PIC12F683

Pin Diagram



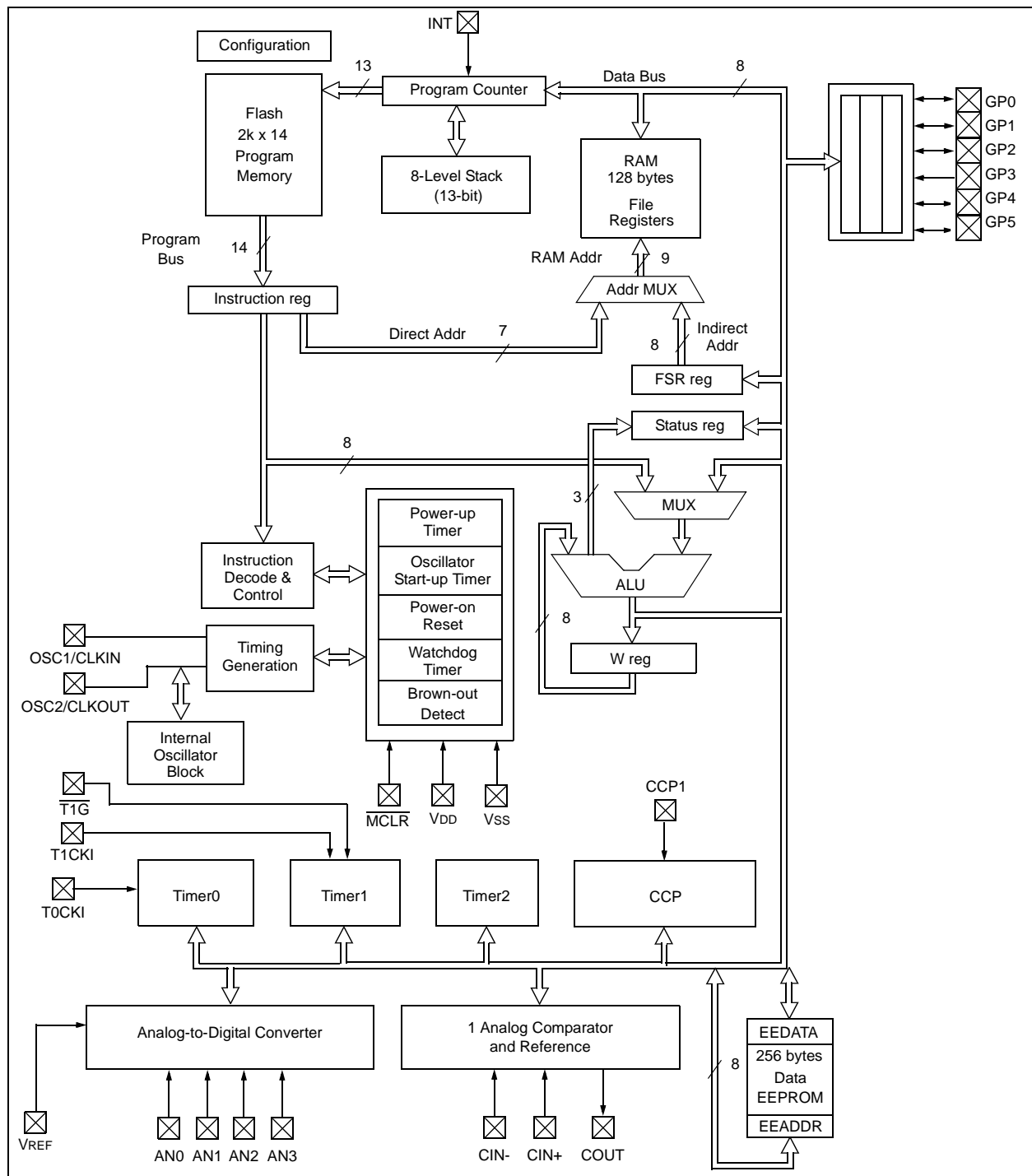
1.0 DEVICE OVERVIEW

This document contains device specific information for the PIC12F683. Additional information may be found in the "PICmicro® Mid-Range MCU Family 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 PIC12F683 is covered by this data sheet. It is available in 8-pin PDIP, SOIC and DFN-S packages. Figure 1-1 shows a block diagram of the PIC12F683 device. Table 1-1 shows the pinout description.

FIGURE 1-1: PIC12F683 BLOCK DIAGRAM



PIC12F683

TABLE 1-1: PIC12F683 PINOUT DESCRIPTION

Name	Function	Input Type	Output Type	Description
VDD	VDD	Power	—	Positive supply
GP5/T1CKI/OSC1/CLKIN	GP5	TTL	CMOS	GPIO I/O w/programmable pull-up and interrupt-on-change
	T1CKI	ST	—	Timer1 clock
	OSC1	XTAL	—	Crystal/Resonator
	CLKIN	ST	—	External clock input/RC oscillator connection
GP4/AN3/T1G/OSC2/CLKOUT	GP4	TTL	CMOS	GPIO I/O w/programmable pull-up and interrupt-on-change
	AN3	AN	—	A/D Channel 3 input
	T1G	ST	—	Timer1 gate
	OSC2	—	XTAL	Crystal/Resonator
	CLKOUT	—	CMOS	Fosc/4 output
GP3/MCLR/VPP	GP3	TTL	—	GPIO input with interrupt-on-change
	MCLR	ST	—	Master Clear w/internal pull-up
	VPP	HV	—	Programming voltage
GP2/AN2/T0CKI/INT/COU/CCP1	GP2	ST	CMOS	GPIO I/O w/programmable pull-up and interrupt-on-change
	AN2	AN	—	A/D Channel 2 input
	T0CKI	ST	—	Timer0 clock input
	INT	ST	—	External Interrupt
	COU	—	CMOS	Comparator 1 output
	CCP1	ST	CMOS	Capture input/Compare output/PWM output
GP1/AN1/CIN-/VREF/ICSPCLK	GP1	TTL	CMOS	GPIO I/O w/programmable pull-up and interrupt-on-change
	AN1	AN	—	A/D Channel 1 input
	CIN-	AN	—	Comparator 1 input
	VREF	AN	—	External Voltage Reference for A/D
	ICSPCLK	ST	—	Serial Programming Clock
GP0/AN0/CIN+/ICSPDAT/ULPWU	GP0	TTL	CMOS	GPIO I/O w/programmable pull-up and interrupt-on-change
	AN0	AN	—	A/D Channel 0 input
	CIN+	AN	—	Comparator 1 input
	ICSPDAT	ST	CMOS	Serial Programming Data I/O
	ULPWU	AN	—	Ultra Low-power Wake-up input
VSS	VSS	Power	—	Ground reference

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

14.0 DEVELOPMENT SUPPORT

The PICmicro® microcontrollers are supported with a full range of hardware and software development tools:

- Integrated Development Environment
 - MPLAB® IDE Software
- Assemblers/Compilers/Linkers
 - MPASM™ Assembler
 - MPLAB C17 and MPLAB C18 C Compilers
 - MPLINK™ Object Linker/
MPLIB™ Object Librarian
 - MPLAB C30 C Compiler
 - MPLAB ASM30 Assembler/Linker/Library
- Simulators
 - MPLAB SIM Software Simulator
 - MPLAB dsPIC30 Software Simulator
- Emulators
 - MPLAB ICE 2000 In-Circuit Emulator
 - MPLAB ICE 4000 In-Circuit Emulator
- In-Circuit Debugger
 - MPLAB ICD 2
- Device Programmers
 - PRO MATE® II Universal Device Programmer
 - PICSTART® Plus Development Programmer
 - MPLAB PM3 Device Programmer
- Low-Cost Demonstration Boards
 - PICDEM™ 1 Demonstration Board
 - PICDEM.net™ Demonstration Board
 - PICDEM 2 Plus Demonstration Board
 - PICDEM 3 Demonstration Board
 - PICDEM 4 Demonstration Board
 - PICDEM 17 Demonstration Board
 - PICDEM 18R Demonstration Board
 - PICDEM LIN Demonstration Board
 - PICDEM USB Demonstration Board
- Evaluation Kits
 - KEELQ®
 - PICDEM MSC
 - microID®
 - CAN
 - PowerSmart®
 - Analog

14.1 MPLAB Integrated Development Environment Software

The MPLAB IDE software brings an ease of software development previously unseen in the 8/16-bit microcontroller market. The MPLAB IDE is a Windows® based application that contains:

- An interface to debugging tools
 - simulator
 - programmer (sold separately)
 - emulator (sold separately)
 - in-circuit debugger (sold separately)
- A full-featured editor with color coded context
- A multiple project manager
- Customizable data windows with direct edit of contents
- High-level source code debugging
- Mouse over variable inspection
- Extensive on-line help

The MPLAB IDE allows you to:

- Edit your source files (either assembly or C)
- One touch assemble (or compile) and download to PICmicro emulator and simulator tools (automatically updates all project information)
- Debug using:
 - source files (assembly or C)
 - mixed assembly and C
 - machine code

MPLAB IDE supports multiple debugging tools in a single development paradigm, from the cost effective simulators, through low-cost in-circuit debuggers, to full-featured emulators. This eliminates the learning curve when upgrading to tools with increasing flexibility and power.

14.2 MPASM Assembler

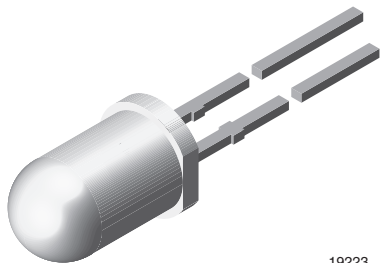
The MPASM assembler is a full-featured, universal macro assembler for all PICmicro MCUs.

The MPASM assembler generates relocatable object files for the MPLINK object linker, Intel® standard HEX files, MAP files to detail memory usage and symbol reference, absolute LST files that contain source lines and generated machine code and COFF files for debugging.

The MPASM assembler features include:

- Integration into MPLAB IDE projects
- User defined macros to streamline assembly code
- Conditional assembly for multi-purpose source files
- Directives that allow complete control over the assembly process

High Efficiency Blue LED, Ø 5 mm Tinted Diffused Package



19223

DESCRIPTION

This device has been redesigned in 1998 replacing SiC by GaN technology to meet the increasing demand for high efficiency blue LEDs.

It is housed in a 5 mm tinted diffused plastic package.

All packing units are categorized in luminous intensity groups. That allows users to assemble LEDs with uniform appearance.

PRODUCT GROUP AND PACKAGE DATA

- Product group: LED
- Package: 5 mm
- Product series: standard
- Angle of half intensity: $\pm 30^\circ$

FEATURES

- GaN on SiC technology
- Standard Ø 5 mm T-1 $\frac{3}{4}$ package
- Small mechanical tolerances
- Wide viewing angle
- Very high intensity
- Luminous intensity categorized
- ESD class 1
- Material categorization:
For definitions of compliance please see www.vishay.com/doc?99912



RoHS
COMPLIANT
HALOGEN
FREE
GREEN
(5-2008)

APPLICATIONS

- Status lights
- Off/on indicator
- Background illumination
- Readout lights
- Maintenance lights
- Legend light

PARTS TABLE

PART	COLOR	LUMINOUS INTENSITY (mcd)			at I _F (mA)	WAVELENGTH (nm)			at I _F (mA)	FORWARD VOLTAGE (V)			at I _F (mA)	TECHNOLOGY
		MIN.	TYP.	MAX.		MIN.	TYP.	MAX.		MIN.	TYP.	MAX.		
TLHB5400	Blue	6.3	15	-	20	-	466	-	10	-	3.9	4.5	20	GaN on SiC

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS (T_{amb} = 25 °C, unless otherwise specified)

TLHB5400

PARAMETER	TEST CONDITION	SYMBOL	VALUE	UNIT
Reverse voltage		V _R	5	V
DC forward current	T _{amb} ≤ 65 °C	I _F	20	mA
Surge forward current	t _p ≤ 10 μs	I _{FSM}	0.1	A
Power dissipation	T _{amb} ≤ 65 °C	P _V	100	mW
Junction temperature		T _j	100	°C
Operating temperature range		T _{amb}	- 40 to + 100	°C
Storage temperature range		T _{stg}	- 40 to + 100	°C
Soldering temperature	t ≤ 5 s, 2 mm from body	T _{sd}	260	°C
Thermal resistance junction/ambient		R _{thJA}	350	K/W

OPTICAL AND ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($T_{amb} = 25^{\circ}\text{C}$, unless otherwise specified)
TLHB5400, BLUE

PARAMETER	TEST CONDITION	SYMBOL	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT
Luminous intensity ⁽¹⁾	$I_F = 20\text{ mA}$	I_V	6.3	15	-	mcd
Dominant wavelength	$I_F = 10\text{ mA}$	λ_d	-	466	-	nm
Peak wavelength	$I_F = 10\text{ mA}$	λ_p	-	428	-	nm
Angle of half intensity	$I_F = 10\text{ mA}$	φ	-	± 30	-	deg
Forward voltage	$I_F = 20\text{ mA}$	V_F	-	3.9	4.5	V
Reverse voltage	$I_R = 10\text{ }\mu\text{A}$	V_R	5	-	-	V

Note

⁽¹⁾ In one packing unit $I_{Vmin}/I_{Vmax} \leq 0.5$

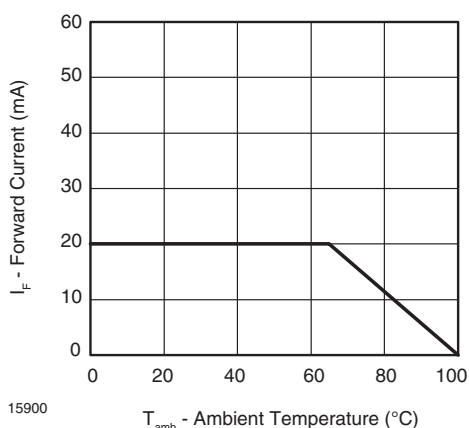
TYPICAL CHARACTERISTICS ($T_{amb} = 25^{\circ}\text{C}$, unless otherwise specified)


Fig. 1 - Forward Current vs. Ambient Temperature

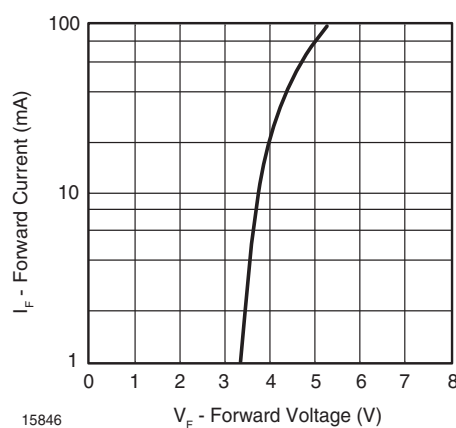


Fig. 3 - Forward Current vs. Forward Voltage

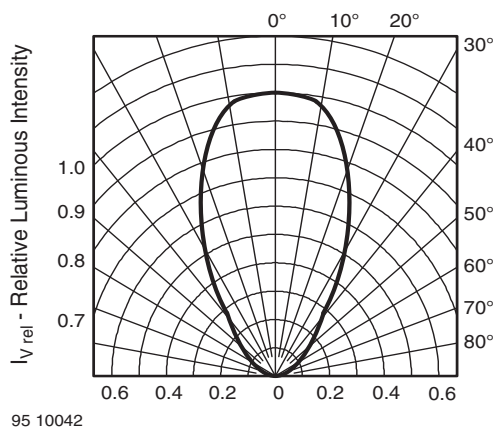


Fig. 2 - Relative Luminous Intensity vs. Angular Displacement

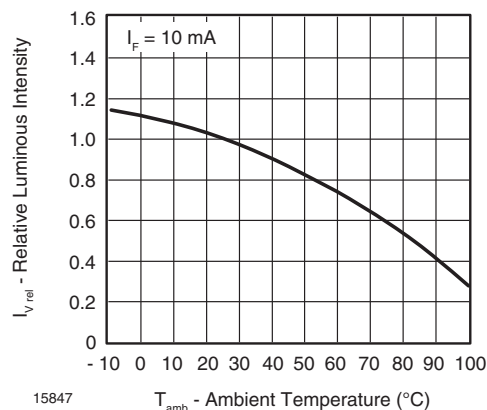


Fig. 4 - Relative Luminous Flux vs. Ambient Temperature

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) ⁽¹⁾	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) ⁽¹⁾	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	$< 10 \Omega = \pm 400 \text{ ppm/}^\circ\text{C}$ $10 \Omega \text{ to } 9.99\text{K} \Omega = 0 \sim -400 \text{ ppm/}^\circ\text{C}$ $10 \text{ K} \Omega \text{ to } 99\text{K} \Omega = 0 \sim -500 \text{ ppm/}^\circ\text{C}$ $100 \text{ K} \Omega \text{ to } 999\text{K} \Omega = 0 \sim -850 \text{ ppm/}^\circ\text{C}$ $1\text{M} \Omega \text{ and above} = 0 \sim -1500 \text{ ppm/}^\circ\text{C}$	1 - 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/CFM								
Type/Code	Size	Power Rating (W) @ 70°C	Maximum Working Voltage (V) ⁽¹⁾	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.

Metal Film Resistors, Industrial, $\pm 1\%$ Tolerance



FEATURES

- Power ratings: 1/2 W, 3/4 W and 1 W at + 70 °C
- ± 100 ppm/°C temperature coefficient
- Superior electrical performance
- Flame retardant epoxy conformal coating
- Standard 5 band color code marking for ease of identification after mounting
- Tape and reel packaging for automatic insertion (52.4 mm inside tape spacing per EIA-296-E)
- Material categorization: For definitions of compliance please see www.vishay.com/doc?99912


RoHS*
COMPLIANT

Note

- * Lead (Pb)-containing terminations are not RoHS-compliant. Exemptions may apply.

STANDARD ELECTRICAL SPECIFICATIONS

GLOBAL MODEL	HISTORICAL MODEL	POWER RATING $P_{70^{\circ}\text{C}}$ W	MAXIMUM WORKING VOLTAGE ⁽¹⁾ V	TEMPERATURE COEFFICIENT \pm ppm/°C	TOLERANCE \pm %	RESISTANCE RANGE Ω	E-SERIES
CCF60	CCF-60	1.0	500	100	1	10 to 1M	96

Note

- Continuous working voltage shall be $\sqrt{P \times R}$ or maximum working voltage, whichever is less.

TECHNICAL SPECIFICATIONS

PARAMETER	UNIT	CCF60
Rated Dissipation at 70 °C	W	1.0
Maximum Working Voltage	V	≤ 500
Insulation Voltage (1 Min)	V _{eff}	500
Dielectric Strength	V _{AC}	450
Insulation Resistance	Ω	$\geq 10^{11}$
Operating Temperature Range	°C	- 65 to + 165
Terminal Strength (Pull Test)	lb	2
Weight	g	0.75 max.

GLOBAL PART NUMBER INFORMATION

New Global Part Numbering: CCF60301RFKR36 (preferred part numbering format)

C	C	F	6	0	3	0	1	R	F	K	R	3	6
GLOBAL MODEL		RESISTANCE VALUE				TOLERANCE CODE		TEMPERATURE COEFFICIENT		PACKAGING			
CCF60		R = Ω K = k Ω M = M Ω 10R0 = 10 Ω 680K = 680 k Ω 1M00 = 1.0 M Ω				F = $\pm 1\%$		K = 100 ppm		E36 = Lead (Pb)-free, T/R (2500 pieces) R36 = Tin/lead, T/R (2500 pieces)			

Historical Part Number example: CCF-603010F R36 (will continue to be accepted)

CCF-60	3010	F	R36
HISTORICAL MODEL	RESISTANCE VALUE	TOLERANCE CODE	PACKAGING

Note

- For additional information on packaging, refer to the Through-Hole Resistor Packaging document (www.vishay.com/doc?31544).



Tactile Switches 6mm × 6mm Top Push

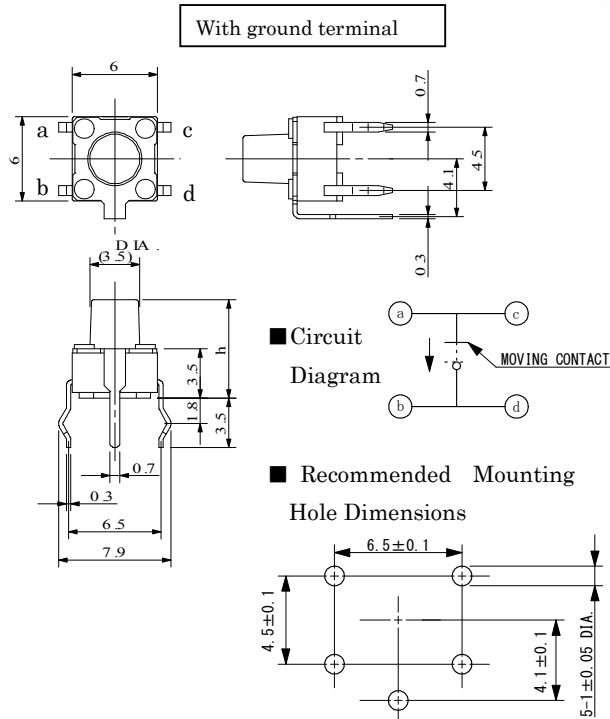
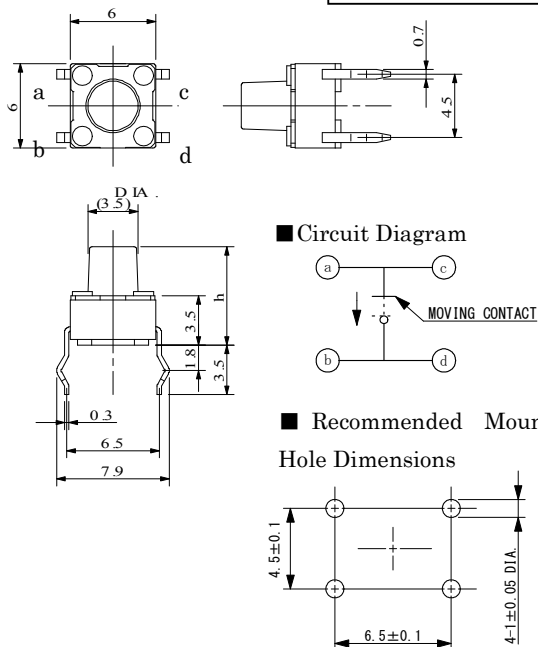
General

■ Features

- Crisp clicking by tactile feedback
- Prevent flux rise by insert-molded terminal
- Ground terminal is attached
- Snap-in mount terminal



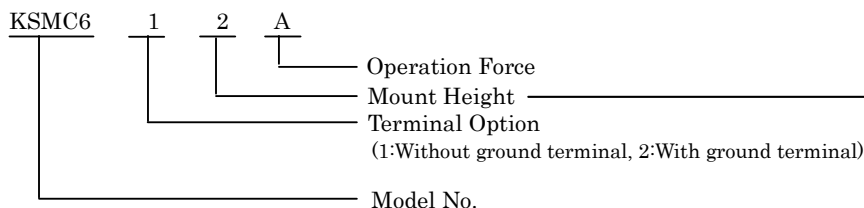
■ Dimensions (Unit : mm)



■ Specifications

Item	Specification	Unit	Note
Operating Temperature Range	-20~+70	°C	
Storage Temperature Range	-40~+85	°C	
Type of Operation	Tactile Feedback		
Circuit Configuration	Push-On Momentary, 1 pole-1 throw		
Power Rating	MAX 50mA 24VDC		
Contact Resistance	MAX 100	mΩ	
Insulation Resistance	100MΩ Min. at 100VDC		
Dielectric Withstanding Voltage	250VAC for 1 minute		
Contact Bounce	MAX 5	ms	
Operating Force	0.98±0.49	N	A type
	1.57±0.49	N	B type
Return Force	MIN 0.10	N	A type
	MIN 0.49	N	B type
Travel	0.25 +0.2/-0.1	mm	

■ Model Designation



	h (mm)
1	4.3
2	5
3	7
4	9.5