

la documentation des microcontrôleurs sans peine (1)

la structure d'une fiche technique

PIC16(L)F18857/77

Full-Featured 28/40/44-Pin Microcontrollers

Description

PIC16(L)F18857/77 microcontrollers feature Analog, Core Independent Peripherals and Communication Peripherals, combined with eXtreme Low-Power (XLP) technology for a wide range of general purpose and low-power applications. The family will feature the CRC/SCAN, Hardware Limit Timer (HLT) and Windowed Watchdog Timer (WWDT) to support customers looking to add safety to their application. Additionally, this family includes up to 56 kB of Flash memory, along with a 10-bit ADC with Computation (ADC²) extensions for automated signal analysis to reduce the complexity of the application.

Core Features

- C Compiler Optimized RISC Architecture
- Only 49 Instructions
- Operating Speed:
 - DC = 32 MHz clock input
 - 125 ns minimum instruction cycle
- Interrupt Capability
- 16-Level Deep Hardware Stack
- Three 8-Bit Timers (TMR2/4/6) with Hardware Limit Timer (HLT) Extensions
- Four 16-Bit Timers (1MR0/1/3/5)
- Low-Current Power-on Reset (POR)
- Configurable Power-up Timer (PWRT)
- Brown-out Reset (BOR) with Fast Recovery
- Low-Power BOR (LPBOR) Option
- Windowed Watchdog Timer (WWDT):
 - Variable prescaler selection
 - Variable window size selection
 - All sources configurable in hardware or software
- Programmable Code Protection

Memory

- Up to 56 kB Flash Program Memory
- Up to 4 kB Data SRAM
- 256B of EEPROM
- Direct, Indirect and Relative Addressing modes

Operating Characteristics

- Operating Voltage Range:
 - 1.8V to 3.6V (PIC16LF18857/77)
 - 2.3V to 5.5V (PIC16F18857/77)
- Temperature Range:
 - Industrial: -40°C to 85°C
 - Extended: -40°C to 125°C

Power-Saving Functionality

- DOZE mode: Ability to run the CPU core slower than the system clock
- IDLE mode: Ability to halt CPU core while internal peripherals continue operating
- Sleep mode: Lowest Power Consumption
- Peripheral Module Disable (PMD):
 - Ability to disable hardware module to minimize power consumption of unused peripherals

Xtreme Low-Power (XLP) Features

- Sleep mode: 50 nA @ 1.8V, typical
- Watchdog Timer: 500 nA @ 1.8V, typical
- Secondary Oscillator: 500 nA @ 32 kHz
- Operating Current:
 - 8 μA @ 32 kHz, 1.8V, typical
 - 32 μAMHz @ 1.8V, typical

Digital Peripherals

- Four Configurable Logic Cells (CLC):
 - Integrated combinational and sequential
- Three Complementary Waveform Generator (CWG):
 - Rising and falling edge dead-band control
 - Full-bridge, half-bridge, 1-channel driver
 - Multiple signal sources
- Five Capture/Compare/PWM (CCP) modules:
 - 16-bit resolution for Capture/Compare
 - 10-bit resolution for PWM mode
 - 10-bit PWM:
 - Two 10-bit PWMs
- Numerically Controlled Oscillator (NCO):
 - Generates true linear frequency control increased frequency resolution
 - Input Clock: 0 Hz < F_{NCO} < 32 MHz
 - Resolution: F_{NCO}/2²⁰
- Two Signal Measurement Timers (SMT):
 - 24-bit Signal Measurement Timer
 - Up to 12 different Acquisition modes

Flexible Oscillator Structure

- High-Precision Internal Oscillator:
 - Software selectable frequency range up to 32 MHz, ±1% typical
- x2/x4 PLL with Internal and External Sources (LFINTOSC)
 - External 32 kHz Crystal Oscillator (SO32)
 - External Oscillator Block with:
 - Three crystal/resonator modes up to 20 MHz
 - Three external clock modes up to 20 MHz
 - Fall-Safe Clock Monitor:
 - Allows for safe shutdown if peripheral clock stops
 - Oscillator Start-up Timer (OST)
 - Ensures stability of crystal oscillator resources

Digital Peripherals (Cont.)

- Cyclic Redundancy Check (CRC/SCAN):
 - 16-bit CRC
 - Scans memory for NVM integrity
- Communication:
 - EUSART, RS-232, RS-485, LIN compatible
 - Two SPI
 - Two I₂C, SMBus, PMBus™ compatible
 - Up to 38 I/O Pins:
 - Individually programmable pull-ups
 - Slew rate control
 - Interrupt-on-change with edge-select
 - Input level selection control (ST or TTL)
 - Digital open-drain enable
 - Current mode enable
 - Peripheral Pin Select (PPS):
 - Enables pin mapping of digital I/O
 - Data Signal Modulator (DSM)
 - Modulates a carrier signal with digital data to create custom carrier synchronized output waveforms

Analog Peripherals

- Analog-to-Digital Converter with Computation (ADC²):
 - 10-bit with up to 35 external channels
 - Automated post-processing
 - Averages math functions on input signals: averaging, filter calculations, oversampling and threshold comparison
 - Operates in Sleep
- Two Comparators (COMP):
 - Fixed Voltage Reference at (non) inverting inputs
 - Comparator outputs externally accessible
- 5-Bit Digital-to-Analog Converter (DAC):
 - 5-bit resolution, rail-to-rail
 - Positive Reference Selection
 - Unbuffered I/O pin output
 - Internal connections to ADCs and comparators
- Voltage Reference:
 - Fixed Voltage Reference with 1.024V, 2.048V and 4.096V output levels

© 2016-2020 Microchip Technology Inc.
DS40001825E-page 2

Figure 1. Les premières pages énumèrent les fonctionnalités du microcontrôleur. (Source : Microchip Technology)

Stuart Cording (Elektor)

Que vous aimiez ou non la documentation, vous aurez à négocier pour l'utiliser. Les microcontrôleurs ont une documentation volumineuse, car, par rapport à d'autres dispositifs à semi-conducteurs plus simples, ils sont vraiment complexes. Dans cette série d'articles, nous allons examiner la documentation des microcontrôleurs, ce qui figure dans la fiche technique, ce qui n'y figure pas et où trouver les éléments détaillés manquants.

FIGURE 1-1: PIC16(L)F18857/77 BLOCK DIAGRAM

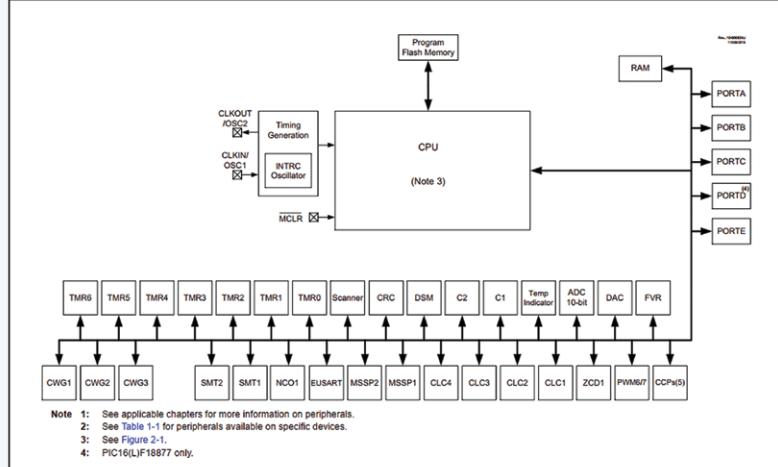


FIGURE 2-1: CORE BLOCK DIAGRAM

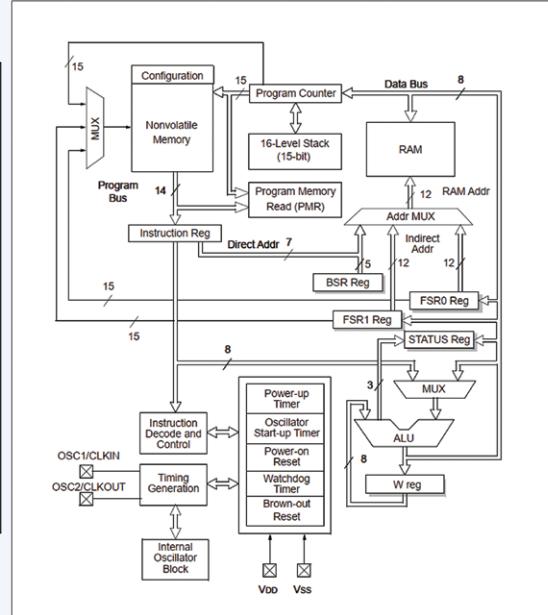


Figure 2. Le schéma de principe est un bon point de départ pour déterminer les capacités globales du microcontrôleur (à gauche) et parfois du cœur de traitement (à droite). (Source : Microchip Technology)

Les fiches techniques des microcontrôleurs peuvent facilement atteindre aujourd’hui plus de 600 pages. Heureusement, Elektor propose de nombreuses ressources, notamment des articles pour débutants et des livres pour vous mettre le pied à l’étrier. Cependant, à un moment donné, vous allez devoir vous familiariser avec la véritable documentation du microcontrôleur. Bien qu’une fiche technique de microcontrôleur compte de nombreuses pages, il est peu probable que vous y trouviez toutes les informations que vous recherchez.

Pour la compléter, vous devrez également trouver la documentation des outils chargés de transformer le code source en micrologiciel, mais aussi des outils de développement de code, de débogage et de programmation en série. Si l’univers des microcontrôleurs est une nouveauté pour vous, ce guide vous aidera à comprendre comment accéder aux documents nécessaires, de quelle manière décoder les arcanes de leur contenu et où trouver des informations s’il y avait des erreurs dans ce que vous avez lu.

Exemple de documentation sur les microcontrôleurs : PIC16F18877

Pour entamer la première partie de cette série de trois articles sur la documentation des microcontrôleurs, commençons par un microcontrôleur 8 bits simple tel que le

PIC16F18877 de Microchip Technology, et sa documentation. Ouvrez ce lien [1] et cliquez ensuite sur « Documents ». Vous verrez que l’on nous propose la fiche technique, la section « errata », des documentations techniques (Supporting Collateral) à propos d’articles spécifiques pour certaines applications et de cartes d’évaluation, les spécifications de programmation et une longue liste de notes d’application. Vous y trouverez aussi un code source accompagnant certaines des notes d’application, des brochures commerciales et un livre blanc sur les convertisseurs analogiques-numériques (CA/N).

Que contient la fiche technique du microcontrôleur ?

Nous allons commencer par télécharger la fiche technique du PIC16F18877. Les fiches techniques des microcontrôleurs peuvent être assez décourageantes. Surtout, elles ne contiennent pas nécessairement tout ce que vous avez à savoir. La **figure 1** montre ce que vous devriez au minimum y trouver.

Informations détaillées sur un ou plusieurs microcontrôleurs

Souvent, plusieurs microcontrôleurs différents avec un nombre variable de broches et de boîtiers seront créés à partir d’une seule puce de silicium. Plutôt que de publier et de maintenir une documentation pour chaque variante, il est plus probable de trouver

plusieurs dispositifs couverts par une seule fiche technique. C’est le cas ici, comme expliqués page 1, avec deux variantes abordées : le PIC16F18857 et le PIC16F18877.

➤ **Schéma de principe du microcontrôleur** — Il comprend généralement le cœur de traitement (le niveau de détail varie ; plus le cœur est complexe, plus son implémentation schématique est simple), les mémoires, les bus et les périphériques. À partir de là, vous pouvez rapidement déterminer les capacités de base du microcontrôleur. Le schéma de principe du microcontrôleur (**figure 2**) se trouve page 18, tandis que celui du cœur de traitement figure page 33.

➤ **Options de boîtiers** — Elles vont des types pour trous traversants (s’ils sont encore disponibles) à une gamme d’options de montage en surface. Dans cet exemple, elles commencent à la page 4.

➤ **Options de taille de mémoire** — Le microcontrôleur peut être proposé avec différentes tailles de mémoires RAM, flash, EEPROM et tout autre type de mémoire, comme les caches. Dans notre exemple, nous avons un aperçu rapide à la page 3. Le tableau énumère les tailles de mémoire ainsi que le nombre de chaque périphérique implémenté (**figure 3**).

PIC16(L)F188XX Family Types

Device	Data Sheet Index	Program Flash Memory (Words)	Program Flash Memory (KB)	EEPROM (bytes)	Data SRAM (bytes)	I/O Pins ⁽¹⁾	10-Bit ADC ² (ch)	5-Bit DAC	Comparator	8-Bit (with HLT)/16-Bit Timers	SMT	Windowed Watchdog Timer	CRC and Memory Scan	CCP/10-Bit PWM	Zero-Cross Detect	CWG	NCO	CLC	DSM	EUSART/T ² /SPI	Peripheral Pin Select	Peripheral Module Disable
PIC16(L)F18854	(1)	4096	7	256	512	25	24	1	2	3/4	2	Y	Y	5/2	Y	3	1	4	1	1/2	Y	Y
PIC16(L)F18855	(2)	8192	14	256	1024	25	24	1	2	3/4	2	Y	Y	5/2	Y	3	1	4	1	1/2	Y	Y
PIC16(L)F18856	(3)	16384	28	256	2048	25	24	1	2	3/4	2	Y	Y	5/2	Y	3	1	4	1	1/2	Y	Y
PIC16(L)F18857	(4)	32768	56	256	4096	25	24	1	2	3/4	2	Y	Y	5/2	Y	3	1	4	1	1/2	Y	Y
PIC16(L)F18857	(2)	8192	14	256	1024	36	35	1	2	3/4	2	Y	Y	5/2	Y	3	1	4	1	1/2	Y	Y
PIC16(L)F18876	(3)	16384	28	256	2048	36	35	1	2	3/4	2	Y	Y	5/2	Y	3	1	4	1	1/2	Y	Y
PIC16(L)F18877	(4)	32768	56	256	4096	36	35	1	2	3/4	2	Y	Y	5/2	Y	3	1	4	1	1/2	Y	Y

Figure 3. Jetez un coup d'œil aux options de mémoire pour les variantes du PIC16F18x7, ainsi qu'aux périphériques implémentés. (Source : Microchip Technology)

Des questions, des commentaires ?

Envoyez un courriel à l'auteur (stuart.cording@elektor.com).

vérifier son état suite à un événement, comme la réception d'un octet de données. Le décryptage de ces registres est abordé plus loin dans la deuxième partie de la série.

➤ **Spécifications électriques** — Elles informent l'utilisateur des limites de tension et de courant qui peuvent être appliquées aux broches du microcontrôleur ou tirées de celles-ci. Elles sont généralement définies deux fois : une fois en tant que valeurs maximales absolues, et une autre fois en tant que valeurs minimales, typiques et maximales en fonctionnement normal. Il existe également des caractéristiques de synchronisation, comme le montre la **figure 4**, et vous pouvez les trouver à partir de la page 592 de cette fiche technique.

➤ **Recommandations d'outils** — Vous aurez besoin d'outils pour convertir le code source en assembleur et d'outils de débogage des résultats. La plupart des fiches techniques contiennent sous une forme ou sous une autre des recommandations sur les outils disponibles. Elles sont abordées ici page 638.

37.1 Absolute Maximum Ratings ⁽¹⁾	
Ambient temperature under bias.....	
-40°C to +125°C	
Storage temperature.....	
-45°C to +150°C	
Voltage on pins with respect to Vss on Vcc pin	
PIC16F18857/77..... -0.3V to +6.5V	
PIC16F18857/77..... -0.3V to +4.0V	
on MCLR pin	
-0.3V to +9.0V	
on all other pins	
-0.3V to (Vdd + 0.3V)	
Maximum current on Vss pin ⁽¹⁾	
-40°C < Ta ≤ +85°C..... 360 mA	
85°C < Ta ≤ +125°C..... 120 mA	
on Vcc pin for 28-Pin devices ⁽¹⁾	
-40°C < Ta ≤ +85°C..... 250 mA	
85°C < Ta ≤ +125°C..... 65 mA	
on Vcc pin for 40-Pin devices ⁽¹⁾	
-40°C < Ta ≤ +85°C..... 360 mA	
85°C < Ta ≤ +125°C..... 120 mA	
on any standard I/O pin	
±60 nA	
Clamp current, I _K (Vss < 0 or Vdd > Vcc)	
±20 nA	
Total power dissipation ⁽²⁾	
800 mW	

37.3 DC Characteristics							
TABLE 37-1: SUPPLY VOLTAGE							
PIC16LF18857/77							
Standard Operating Conditions (unless otherwise stated)							
PIC16F18857/77							
Param. No.	Sym.	Characteristic	Min.	Typ. [†]	Max.	Units	Conditions
Supply Voltage							
D002	V _{DD}		1.8	—	3.6	V	Fosc ≤ 16 MHz
D002	V _{DD}		2.3	—	3.6	V	Fosc > 16 MHz
D002	V _{DD}		2.5	—	5.5	V	Fosc ≤ 16 MHz
RAM Data Retention ⁽¹⁾							
D003	V _{DD}		1.5	—	—	V	Device in Sleep mode
D003	V _{DD}		1.5	—	—	V	Device in Sleep mode
Power-on Reset Release Voltage ⁽²⁾							
D004	V _{DD}		—	1.6	—	V	BOR or LPBOR disabled ⁽³⁾
D004	V _{DD}		—	1.6	—	V	BOR or LPBOR disabled ⁽³⁾
Power-on Reset Return Voltage ⁽²⁾							
D005	V _{DDR}		—	—	—	V	
TABLE 37-13: ANALOG-TO-DIGITAL CONVERTER (ADC) CONVERSION TIMING SPECIFICATIONS							
Standard Operating Conditions (unless otherwise stated)							
Param. No.	Sym.	Characteristic	Min.	Typ. [†]	Max.	Units	Conditions
D006	S _{VDD}		—	—	—	—	
D006	S _{VDD}		—	—	—	—	
ADC Clock Period							
A020	T _{AC}		1	—	9	μs	Using Fosc as the ADC clock source ADCCS = 0
A021	T _{AC}		1	2	6	μs	Using Fosc as the ADC clock source ADCCS = 1
Conversion Time							
A022	T _{CONV}		—	11+3T _{CY}	—	T _{AD}	Set of GUDONE bit to Clear of GUDONE bit
Acquisition Time							
A023	T _{ACQ}		—	2	—	μs	
Sample and Hold Capacitor Disconnect Time							
A024	T _{CH}		—	—	—	μs	Fosc-based clock source

Figure 4. Les spécifications électriques sont fournies sous forme de limites absolues, mais aussi de valeurs minimales, typiques et maximales pour les valeurs en courant continu et alternatif, et de limites de temps. (Source : Microchip Technology)

➤ **Schéma de principe des périphériques sur puce** — Les fonctionnalités des périphériques sur puce s'expliquent plus facilement par des schémas que par des mots. Les schémas de principe forment une source essentielle de compréhension et de clarté concernant le raccordement des broches et les sources d'horloge. Le microcontrôleur peut disposer de plusieurs sorties d'horloge issues de son oscillateur et, le cas échéant, d'une

PLL (boucle à verrouillage de phase). Nous examinerons quelques exemples dans la deuxième partie de cette série.

➤ **Description des registres** — Chaque périphérique peut être configuré de manière spécifique. Par exemple, une UART (interface série universelle asynchrone d'émission/réception) peut souvent être configurée pour différents débits en bauds, nombre de bits, etc. La description du registre explique comment configurer le périphérique et

Au-delà des schémas de principe

Maintenant que la structure de base d'une fiche technique de microcontrôleur est comprise, nous allons examiner comment les registres sont décrits et de quelle manière déchiffrer les schémas de principe. Nous allons également aborder en détail les deux blocs les plus importants de tout microcontrôleur - l'horloge et l'oscillateur - et la mise en œuvre du circuit de réinitialisation. ↗

200721-04 — VF : Pascal Godart

LIENS

- [1] Page du produit PIC16F18877 : <http://bit.ly/2KS1s8C>
- [2] Fiche technique du PIC16F18877 : <https://bit.ly/3nNwPjn>

Produits

- Livre en anglais « Microcontroller Basics with PIC », T. Hanna, Elektor 2020 www.elektor.fr/19188
- Livre en anglais « Programming the Finite State Machine », A. Pratt, Elektor 2020 www.elektor.fr/19327