

Christian Tavernier

MICROCONTRÔLEURS

PIC 24

Description et mise en œuvre

DUNOD

Consultez nos parutions sur dunod.com

Le pictogramme qui figure ci-contre mérite une explication. Son objet est d'alerter le lecteur sur la menace que représente pour l'avenir de l'écrit, particulièrement dans le domaine de l'édition technique et universitaire, le développement massif du photocopillage.

Le Code de la propriété intellectuelle du 1^{er} juillet 1992 interdit en effet expressément la photocopie à usage collectif sans autorisation des ayants droit. Or, cette pratique s'est généralisée dans les établissements

d'enseignement supérieur, provoquant une baisse brutale des achats de livres et de revues, au point que la possibilité même pour

les auteurs de créer des œuvres nouvelles et de les faire éditer correctement est aujourd'hui menacée.

Nous rappelons donc que toute reproduction, partielle ou totale, de la présente publication est interdite sans autorisation de l'auteur, de son éditeur ou du Centre français d'exploitation du

droit de copie (CFC, 20, rue des Grands-Augustins, 75006 Paris).



© Dunod, Paris, 2010
ISBN 978-2-10-055689-2

Le Code de la propriété intellectuelle n'autorisant, aux termes de l'article L. 122-5, 2° et 3° a), d'une part, que les « copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective » et, d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration, « toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite » (art. L. 122-4).

Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait donc une contrefaçon sanctionnée par les articles L. 335-2 et suivants du Code de la propriété intellectuelle.

TABLE DES MATIÈRES

Avant-propos	IX
1 • Présentation générale	1
1.1 Harvard contre Von Neumann	1
1.2 Les points forts de l'architecture RISC	2
1.3 Les différentes familles de PIC 8 bits	3
1.4 Les différentes familles de PIC 16 bits	4
1.5 Décodez les références	11
1.6 Une mémoire de programme toujours de type Flash	13
1.7 Tension d'alimentation	14
2 • L'unité centrale	17
2.1 Présentation générale	17
2.2 Modèle du programmeur	19
2.3 L'unité arithmétique et logique	26
2.4 Cartographie mémoire de l'unité centrale	30
3 • Mémoire de données et mémoire de programme	33
3.1 La mémoire de données	33
3.2 La mémoire de programme	36
3.3 Mémoire EEPROM de données	44
4 • Horloge, reset, interruptions, modes sommeil et assimilés, timer chien de garde	49
4.1 Les horloges des PIC 24	49
4.2 Les sources de reset des PIC 24	65
4.3 Les interruptions	73
4.4 Les modes sommeil, attente et somnolence	88
4.5 Le timer chien de garde	91

5 • Les ports parallèles avec sélection de broche (PPS) et détection de changement d'état (CN)	95
5.1 Généralités	95
5.2 Partage des lignes d'entrées/sorties avec d'autres ressources	98
5.3 La fonction de sélection de broche ou fonction PPS	100
5.4 La fonction détection de changement d'état (CN)	107
6 • Le port parallèle maître ou PMP	111
6.1 Généralités	111
6.2 Les registres de contrôle du port parallèle maître	113
6.3 Utilisation en mode parallèle esclave (PSP)	122
6.4 Utilisation en mode maître (PMP)	126
7 • Les timers	131
7.1 Les trois types de timers des PIC 24	131
7.2 Les registres de contrôle des timers	134
7.3 Les différents modes de fonctionnement des timers	139
7.4 Utilisation des timers en mode 32 bits	142
8 • Les interfaces de capture ou ICP	145
8.1 Généralités	145
8.2 Le registre de contrôle du module de capture	146
8.3 Fonctionnement des différents modes de capture	148
9 • Les interfaces de comparaison ou OC	153
9.1 Généralités	153
9.2 Les registres de l'unité de comparaison	154
9.3 Fonctionnement des différents modes de comparaison	156
10 • L'horloge temps réel ou RTCC	163
10.1 Généralités	163
10.2 Les registres de l'horloge temps réel	164
10.3 Utilisation de l'horloge temps réel	176
11 • Les comparateurs analogiques et la source de tension de référence	181
11.1 Les comparateurs analogiques	181
11.2 La source de tension de référence	187

12 • Le convertisseur analogique/digital 10 bits	191
12.1 Principe général	191
12.2 Les registres du convertisseur analogique/digital	193
12.3 Utilisation du convertisseur analogique/digital	204
13 • L'interface de mesure de temps de charge ou CTMU	211
13.1 Généralités	211
13.2 Les registres de l'interface CTMU	212
13.3 Utilisation de l'interface CTMU	216
14 • L'interface série synchrone ou SPI	221
14.1 Généralités	221
14.2 Les registres de l'interface SPI	225
14.3 Utilisation de l'interface SPI	231
15 • L'interface série asynchrone ou UART	239
15.1 Généralités	239
15.2 Les registres de l'UART	240
15.3 Utilisation de l'UART	248
16 • Les interfaces évoluées : I2C, USB, CAN, etc.	255
16.1 L'interface pour bus I2C	256
16.2 L'interface USB	260
16.3 L'interface CAN	263
17 • Jeu d'instructions, outils de développement et programmation	269
17.1 Modes d'adressage et jeu d'instructions	269
17.2 Les outils de développement	276
17.3 Programmation en circuit ou ICSP	279
17.4 Le mode « <i>in circuit debugger</i> » ou ICD	281
Annexes	283
A.1 Liste et organisation des registres internes	283
A.2 Contenu des compléments en ligne	308
Index alphabétique	311

AVANT-PROPOS

Après des débuts difficiles lorsqu'ils étaient encore dans le giron de General Instruments, les microcontrôleurs PIC ont connu un succès planétaire avec la création de la société Microchip et la mise sur le marché de ce qui devait être la première famille de PIC : les PIC16.

Ce succès, qui a propulsé Microchip au premier rang mondial des fabricants de microcontrôleurs, a tout naturellement conduit ce dernier à créer de nouveaux circuits et, donc, de nouvelles familles.

Les PIC16 ont donc fait « des petits » avec les PIC12 et les PIC10, ces derniers étant d'ailleurs qualifiés de plus petits microcontrôleurs du monde, mais également « des grands » avec les circuits PIC18, PIC24 et dsPIC.

Tous ont cependant gardé en commun ce qui a fait le succès des premiers circuits mis sur le marché par Microchip avec, notamment, leur architecture Harvard propre aux microcontrôleurs de type RISC.

Si les circuits des familles PIC10 à PIC18, auxquels nous avons déjà consacré deux ouvrages, étaient des microcontrôleurs 8 bits, ce n'est plus le cas des PIC24 qui sont eux des circuits 16 bits et qui, malgré leur compatibilité ascendante avec les versions précédentes, apportent de très nombreuses nouveautés.

Nous vous proposons donc sans plus tarder de les découvrir avec cet ouvrage qui, afin de pouvoir être lu par tous avec profit, ne nécessite aucune connaissance préalable des autres familles de PIC de Microchip.

1 • PRÉSENTATION GÉNÉRALE

Commercialisés pour la première fois il y a maintenant vingt ans, les microcontrôleurs PIC auraient pu n'avoir qu'un succès mitigé car ils arrivaient sur un marché déjà bien encombré, et encombré par des « poids lourds » du métier de surcroît tels que Motorola (aujourd'hui Freescale Semiconductor) ou Intel. Malgré cela, leur succès fut immédiat et fulgurant et l'on peut affirmer aujourd'hui que ces circuits sont devenus de véritables références dans le monde des microcontrôleurs.

N'existant à l'origine qu'au travers d'une seule famille de circuits, la famille PIC 16 qui leur a assuré à elle seule leur célébrité, les PIC sont aujourd'hui présents sur le marché au travers de multiples gammes de produits, depuis les tout petits PIC 10 jusqu'aux puissants PIC 24, ou bien encore aux PIC orientés traitement du signal que sont les dsPIC.

Quoi qu'il en soit, toutes ces familles partagent, entre autres choses, deux caractéristiques particulières de leur architecture interne dont nous allons maintenant dire quelques mots en guise d'introduction à cette présentation générale.

1.1 Harvard contre Von Neumann

De nombreux microprocesseurs et microcontrôleurs actuels utilisent une architecture interne dite de Von Neumann, c'est-à-dire en fait une architecture commune à celle que l'on rencontre habituellement dans les micro-ordinateurs. La mémoire, appelée improprement de programme, contient en fait des instructions et des données placées à la suite les unes des autres et l'on ne dispose que d'un bus, appelé bus de données, pour véhiculer tour à tour les codes des instructions et les données qui leur sont associées comme le montre la figure 1.1.

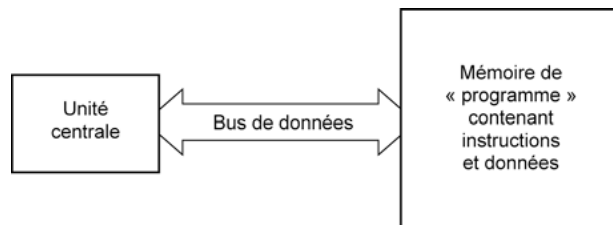


Figure 1.1 – Principe de l'architecture de Von Neumann

Si cette architecture donne toute satisfaction comme vous en avez la preuve éclatante chaque jour, elle pose quelques problèmes dès que l'on veut faire fonctionner l'ensemble rapidement. En effet, l'exécution d'une seule instruction nécessite plusieurs échanges de données sur le seul et unique bus dévolu à cet usage puisqu'il faut tout d'abord aller chercher le code de l'instruction puis le ou les données qu'elle doit manipuler.

Il est alors préférable de faire appel à une architecture dite Harvard dans laquelle les instructions et les données sont clairement différenciées et sont véhiculées sur des bus différents comme le montre la figure 1.2. Vu de l'utilisateur, cela ne change rien bien sûr et les circuits de ce type s'utilisent exactement comme les autres. En revanche, les résultats obtenus, en termes de vitesse d'exécution des programmes, peuvent être impressionnants.

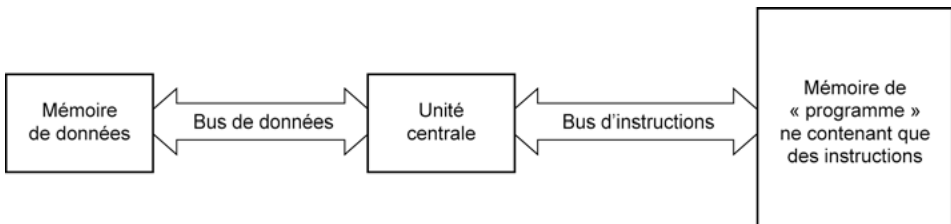


Figure 1.2 – Principe de l'architecture Harvard

En effet, l'exécution d'une instruction ne fait plus appel qu'à un seul cycle machine puisque l'on peut simultanément, grâce aux deux bus, rechercher le code de l'instruction et la ou les données qu'elle manipule.

Rompant avec une tradition bien établie, les microcontrôleurs PIC de Microchip, toutes familles confondues, utilisent une architecture Harvard mais ce n'est pas tout. Ils font également appel à une architecture de type RISC qui, comme on le lit un peu trop souvent, ne se résume pas simplement à disposer d'un jeu d'instructions réduit.

1.2 Les points forts de l'architecture RISC

RISC signifie *Reduced Instruction Set Computer* ce qui veut effectivement dire circuit à jeu d'instructions réduit mais ce n'est pas tout. Un vrai circuit de type RISC doit en effet présenter un certain nombre de particularités propres à accroître sa vitesse de fonctionnement.

Les microcontrôleurs à architecture RISC utilisent des instructions codées sur un seul mot, de 24 bits de long dans le cas des PIC 24 qui nous intéressent dans le cadre de cet ouvrage. Cela présente deux avantages. Le premier est que tous les emplacements de la mémoire de programme contiennent une instruction, le second est qu'un seul cycle machine suffit pour lire le code complet d'une instruction d'où un gain en vitesse d'exécution.

Les circuits RISC utilisent ensuite une structure de type pipe-line qui leur permet d'exécuter une instruction tout en recherchant la suivante en mémoire d'où, là encore, accroissement de la vitesse d'exécution.

Les circuits RISC exécutent toutes leurs instructions en un seul cycle machine ce qui est dû en grande partie au codage de l'instruction sur un seul mot. L'ALU dispose en effet en une seule fois de toutes les informations nécessaires à l'exécution de l'instruction. En fait, nous verrons que les PIC 24 font quelques entorses à cette règle dans le cas de quelques instructions particulières, mais elle reste tout de même globalement satisfaite.

Les instructions d'un circuit de type RISC ont une structure aussi orthogonale que possible, c'est-à-dire que toutes les instructions peuvent être exécutées sur tous les registres avec tous les modes d'adressage. Cela simplifie le travail du programmeur, et donc le vôtre, car il n'est plus nécessaire de retenir une multitude de cas particuliers d'instructions qui ne fonctionnent que dans un mode ou dans un autre.

Enfin, et c'est hélas la seule chose que l'on retient trop souvent à propos de l'architecture RISC, vous n'avez plus à apprendre plusieurs centaines d'instructions différentes comme avec de nombreux microcontrôleurs actuels mais « seulement » 70 instructions dans le cas des PIC 24 étudiés ici.

1.3 Les différentes familles de PIC 8 bits

Si l'on considère les microcontrôleurs 8 bits, c'est-à-dire les circuits manipulant des données codées sur 8 bits, il n'existe plus aujourd'hui que trois grandes familles de microcontrôleurs PIC, même si cela n'a pas toujours été le cas par le passé et, si l'on s'en tient à la classification adoptée par Microchip depuis mi-2004, on peut les présenter de la façon suivante :

- La première famille est appelée « Baseline » dans la documentation Microchip. Elle ne contient que quelques circuits mais, paradoxalement, ceux-ci ont un avenir totalement différent selon leurs références. On y trouve en effet les « petits » 12C508, 12C509, 12F508 et 12F509 dont l'unité centrale ne travaille que sur 12 bits et qui sont disponibles en boîtier DIL 8 pattes, ainsi que les « encore plus petits » et très récents circuits de la famille 10Fxxx. Ces derniers sont baptisés par Microchip « les plus petits microcontrôleurs du monde ». Ils sont en effet disponibles en boîtier en montage en surface (CMS) à 6 pattes de type SOT-23. Malgré ce boîtier lilliputien, ce sont de vrais microcontrôleurs PIC qui s'utilisent comme leurs homologues plus encombrants pour peu que l'on puisse se satisfaire de leur faible nombre de lignes d'entrées/sorties. Si l'avenir de la famille 12Cxxx est incertain ; celui des familles 12Fxxx et 10Fxxx ne devrait pas poser de problème. Ces circuits, dont la capacité de leurs mémoires tant de programme que de travail est relativement faible, sont assez mal adaptés à une programmation en langage évolué ; en revanche, ils font merveille s'ils sont programmés directement en langage machine (en assembleur pour employer cette expression impropre). Figurent aussi dans cette gamme « Baseline » les

- « vieux » 16C5x, toujours à unité centrale 12 bits et ne possédant aucune des particularités qui font le succès actuel des PIC. Ces circuits sont condamnés à disparaître à plus ou moins longue échéance et, quoi qu'il en soit, sont vivement déconseillés pour toute réalisation nouvelle.
- La deuxième famille, appelée famille « Mid-Range » est celle qui comprend actuellement le plus de références. Ces circuits reprennent évidemment les concepts qui ont fait le succès de la « vieille » famille 16C5x. Ils utilisent la même architecture et le même jeu d'instructions de base mais disposent de ressources internes plus nombreuses avec, par exemple, des ports séries variés, des ports parallèles plus nombreux, des convertisseurs analogiques/digitaux voire des ressources plus évoluées sur les boîtiers les plus récents. Ils supportent aussi la programmation sous forme série ainsi que la programmation en circuit ou ICSP. Enfin, la majorité des circuits de cette famille est disponible avec de la mémoire de programme de type flash. Cette mémoire est programmable et effaçable électriquement et permet donc très facilement de réaliser des maquettes ou des prototypes sans aucune difficulté. De nombreux circuits de cette famille sont bien adaptés à la programmation en langage évolué et plus particulièrement bien sûr, ceux situés du côté « haut » de cette dernière car ils disposent de nombreuses ressources matérielles internes ainsi que de mémoires de travail et de programme de grande capacité.
 - La dernière famille porte quant à elle le nom de « High Performance », dont vous aurez compris la signification même si vous n'êtes pas anglophone. Cette famille ne contient plus aujourd'hui que les circuits dont les références sont de type 18Cxxx ou 18Fxxx selon que leur mémoire de programme est de type OTPROM ou Flash, et leur unité centrale utilise des mots d'instructions codés sur 16 bits. Compte tenu de leur richesse en ressources matérielles internes mais aussi des capacités très importantes de leurs mémoires vives et de leurs mémoires de programme, ces circuits sont évidemment très bien adaptés à la programmation en langage évolué. Comme ils sont en fait une évolution logique des circuits des familles précédentes dont ils reprennent les éléments essentiels, la transformation d'une application prévue pour un PIC 16Fxxx en une application à base de 18Fxxx ne pose pas trop de problème, certains circuits étant même compatibles broche à broche (*pin for pin* si vous préférez cet anglicisme).

1.4 Les différentes familles de PIC 16 bits

Si l'on considère maintenant les microcontrôleurs 16 bits, c'est-à-dire les circuits manipulant des données codées sur 16 bits, la situation est plus simple car ces circuits ont été introduits plus récemment sur le marché et ont donc suivi une logique de développement parfaitement cohérente et planifiée.

Il n'existe donc à l'heure actuelle que deux grandes familles de microcontrôleurs PIC 16 bits, chacune se subdivisant à son tour en deux branches.

On trouve donc tout d'abord ce que Microchip a baptisé dsPIC le ds étant l'abréviation de *digital signal*. Ces circuits sont en effet des microcontrôleurs très orientés vers le traitement du signal. Ils disposent ainsi d'une architecture interne et d'instructions propres à leur permettre de réaliser facilement les opérations mathématiques que l'on rencontre habituellement lorsque l'on fait du traitement du signal.

Cette famille se subdivise en deux : les dsPIC30F qui sont des circuits à usage général et les dsPIC33F qui constituent les circuits haut de gamme. Ces circuits demandant des développements particuliers, ils ne seront pas traités dans le cadre de cet ouvrage, consacré à l'autre grande famille des PIC 16 bits, à savoir la famille PIC 24.

Par opposition aux dsPIC, les PIC 24 sont donc des microcontrôleurs 16 bits « classiques » qui sont à leur tour classés en deux sous-familles : les PIC 24F qui sont des circuits à usage général, faible consommation, mais dont la puissance est « limitée » à 16 MIPS (million d'opérations par seconde) et les PIC 24H qui sont des circuits haut de gamme, dont la consommation est plus élevée mais dont la puissance peut grimper à 40 MIPS.

Fort heureusement, les PIC 24F et les PIC 24H partagent la même architecture interne et le même jeu d'instructions ce qui nous permet de les traiter en un seul ouvrage. Hormis la différence de puissance de calcul, la famille PIC 24H dispose en effet de quelques ressources internes supplémentaires par rapport aux PIC 24F, et quelques rares périphériques internes offrent des fonctionnalités supplémentaires, mais cela ne suffit pas à dépayser un utilisateur habitué aux PIC 24F.

Au sein de la famille PIC 24F, quelques circuits présentent la particularité d'avoir une consommation au repos ou en veille extrêmement faible (moins de 20 nA pour certains d'entre eux). Microchip les a donc regroupés sous la dénomination de PIC 24F XLP avec technologie NanoWatt ; XLP étant l'acronyme de *eXtreme Low Power*.

Ceci étant précisé, vous trouverez tableau 1.1, les caractéristiques résumées de tous les circuits classiques de la famille PIC 24F.

Le tableau 1.2 quant à lui vous propose de découvrir les circuits XLP de la famille PIC 24F.

Le tableau 1.3 enfin présente les circuits de la famille PIC 24H qui sont, rappelons-le, les circuits haut de gamme de la famille PIC 24.

Même si ces trois tableaux sont à jour à la date de rédaction de cet ouvrage, compte tenu de l'évolution rapide des microcontrôleurs PIC, nous ne saurions trop vous recommander, avant de décider de réaliser une application, de consulter les dernières informations en vigueur chez Microchip grâce au site Internet de la marque : www.microchip.com.

Vous y retrouverez ces mêmes tableaux dans leurs dernières versions, mais vous disposerez en outre de fonctions de tri ou de sélection des circuits selon certains critères de votre application (vitesse, consommation, présence de telle ou telle ressource interne). Vous pourrez également télécharger le « Product Selector Guide » si vous préférez consulter ce classement sur papier à tête reposée.

Tableau 1.1 – Caractéristiques résumées des microcontrôleurs de la famille PIC 24F.

Product	Pins	Flash KB	RAM KB	Timer	Capture	Output Compare/ PWM	RTCC	ADC 10-bit 500 kps	Analog Comparators	UART	SPI	I ² C™	PMP	PPS	CTMU	USB OTG	JTAG	Pkg Code
PIC24FJ16GA002	28	16	4	5	5	5	Y	1 ADC, 10 ch	2	2	2	2	Y	Y	–	–	Y	ML, SO, SP, SS
PIC24FJ32GA002	28	32	8	5	5	5	Y	1 ADC, 10 ch	2	2	2	2	Y	Y	–	–	Y	ML, SO, SP, SS
PIC24FJ64GA002	28	64	8	5	5	5	Y	1 ADC, 10 ch	2	2	2	2	Y	Y	–	–	Y	ML, SO, SP, SS
PIC24FJ16GA004	44	16	4	5	5	5	Y	1 ADC, 13 ch	2	2	2	2	Y	Y	–	–	Y	ML, PT
PIC24FJ32GA004	44	32	8	5	5	5	Y	1 ADC, 13 ch	2	2	2	2	Y	Y	–	–	Y	ML, PT
PIC24FJ64GA004	44	64	8	5	5	5	Y	1 ADC, 13 ch	2	2	2	2	Y	Y	–	–	Y	ML, PT
PIC24FJ64GA006	64	64	8	5	5	5	Y	1 ADC, 16 ch	2	2	2	2	Y	–	–	–	Y	PT
PIC24FJ64GB106	64	64	16	5	9	9	Y	1 ADC, 16 ch	3	4	3	3	Y	Y	Y	Y	Y	PT
PIC24FJ128GA006	64	128	8	5	5	5	Y	1 ADC, 16 ch	2	2	2	2	Y	–	–	–	Y	PT
PIC24FJ128GA106	64	128	16	5	9	9	Y	1 ADC, 16 ch	3	4	3	3	Y	Y	Y	–	Y	PT, MR
PIC24FJ128GB106	64	128	16	5	9	9	Y	1 ADC, 16 ch	3	4	3	3	Y	Y	Y	Y	Y	PT, MR
PIC24FJ256GA106	64	256	16	5	9	9	Y	1 ADC, 16 ch	3	4	3	3	Y	Y	Y	–	Y	PT, MR
PIC24FJ256GB106	64	256	16	5	9	9	Y	1 ADC, 16 ch	3	4	3	3	Y	Y	Y	Y	Y	PT, MR
PIC24FJ64GA008	80	64	8	5	5	5	Y	1 ADC, 16 ch	2	2	2	2	Y	–	–	–	Y	PT

Product	Pins	Flash KB	RAM KB	Timer	Capture	Output Compare/ PWM	RTCC	ADC 10-bit 500 ksp/s	Analog Comparators	UART	SPI	I ² C™	PMP	PPS	CTMU	USB OTG	JTAG	Pkg Code
PIC24FJ64GB108	80	64	16	5	9	9	Y	1 ADC, 16 ch	3	4	3	3	Y	Y	Y	Y	Y	PT
PIC24FJ128GA008	80	128	8	5	5	5	Y	1 ADC, 16 ch	2	2	2	2	Y	–	–	–	Y	PT
PIC24FJ128GA108	80	128	16	5	9	9	Y	1 ADC, 16 ch	3	4	3	3	Y	Y	Y	–	Y	PT
PIC24FJ128GB108	80	128	16	5	9	9	Y	1 ADC, 16 ch	3	4	3	3	Y	Y	Y	Y	Y	PT
PIC24FJ256GA108	80	256	16	5	9	9	Y	1 ADC, 16 ch	3	4	3	3	Y	Y	Y	–	Y	PT
PIC24FJ256GB108	80	256	16	5	9	9	Y	1 ADC, 16 ch	3	4	3	3	Y	Y	Y	Y	Y	PT
PIC24FJ64GA010	100	64	8	5	5	5	Y	1 ADC, 16 ch	2	2	2	2	Y	–	–	–	Y	PF, PT
PIC24FJ64GB110	100	64	16	5	9	9	Y	1 ADC, 16 ch	3	4	3	3	Y	Y	Y	Y	Y	PT
PIC24FJ128GA010	100	128	8	5	5	5	Y	1 ADC, 16 ch	2	2	2	2	Y	–	–	–	Y	PF, PT
PIC24FJ128GA110	100	128	16	5	9	9	Y	1 ADC, 16 ch	3	4	3	3	Y	Y	Y	–	Y	PT
PIC24FJ128GB110	100	128	16	5	9	9	Y	1 ADC, 16 ch	3	4	3	3	Y	Y	Y	Y	Y	PT
PIC24FJ256GA110	100	256	16	5	9	9	Y	1 ADC, 16 ch	3	4	3	3	Y	Y	Y	–	Y	PT
PIC24FJ256GB110	100	256	16	5	9	9	Y	1 ADC, 16 ch	3	4	3	3	Y	Y	Y	Y	Y	PT

Tableau 1.2 – Caractéristiques résumées des microcontrôleurs de la famille PIC 24F avec technologie NanoWatt XLP.

Product	Pins	Flash	RAM	EEPROM	Timer	Capture	Output Compare/ PWM	RTCC	ADC	Comparators	UART	SPI	IC ²	PMP	PPS	CTMU	USB OTG	JTAG	Deep Sleep	Pkg Code
PIC24F04KA200 ^{MP}	14	4	512	–	3	1	1	–	7	2	1	1	1	–	–	Y	–	–	Yes	P ST
PIC24F04KA201 ^{MP}	20	4	512	–	3	1	1	–	9	2	1	1	1	–	–	Y	–	–	Yes	P SO, SS, MQ
PIC24F08KA101 ^{MP}	20	8	1.5	512	3	1	1	Y	9	2	2	1	1	–	–	Y	–	–	Yes	P SO, SS, MQ
PIC24F16KA101 ^{MP}	20	16	1.5	512	3	1	1	Y	9	2	2	1	1	–	–	Y	–	–	Yes	P SO, SS, MQ
PIC24F08KA101 ^{MP}	28	8	1.5	512	3	1	1	Y	9	2	2	1	1	–	–	Y	–	–	Yes	P SO, SS, MQ
PIC24F16KA101 ^{MP}	28	16	1.5	512	3	1	1	Y	9	2	2	1	1	–	–	Y	–	–	Yes	P SO, SS, MQ
PIC24F32GA102 ^{MP}	28	32	8	–	5	5	5	Y	10	3	2	2	2	Y	Y	Y	–	Y	Yes	SP SO, SS, ML
PIC24F32GB002 ^{MP}	28	32	8	–	5	5	5	Y	10	3	2	2	2	Y	Y	Y	Y	Y	Yes	SP SO, SS, ML
PIC24F64GA102 ^{MP}	28	64	8	–	5	5	5	Y	10	3	2	2	2	Y	Y	Y	–	Y	Yes	SP SO, SS, ML
PIC24F64GB002 ^{MP}	28	64	8	–	5	5	5	Y	10	3	2	2	2	Y	Y	Y	Y	Y	Yes	SP SO, SS, ML
PIC24F32GA104 ^{MP}	44	32	8	–	5	5	5	Y	13	3	2	2	2	Y	Y	Y	–	Y	Yes	PT, ML
PIC24F32GB004 ^{MP}	44	32	8	–	5	5	5	Y	13	3	2	2	2	Y	Y	Y	Y	Y	Yes	PT, ML
PIC24F64GA104 ^{MP}	44	64	8	–	5	5	5	Y	13	3	2	2	2	Y	Y	Y	–	Y	Yes	PT, ML
PIC24F64GB004 ^{MP}	44	64	8	–	5	5	5	Y	13	3	2	2	2	Y	Y	Y	Y	Y	Yes	PT, ML