

1.1. A PIC12F509 mikrovezérlő általános ismertetése

A PIC12F509 mikrovezérlő a Microchip 8-bites PIC mikrovezérlőinek kis teljesítményű (Base-Line), 12-bites programmemóriájú családjába tartozik.

A FLASH programmemória, a CMOS technológia, a belső RC oszcillátor és a 8-kivezetéses tokozás alkalmassá teszi egyedi és kis sorozatú kompakt kisfogyasztású áramkörök megvalósítására is. Egyszerű alkalmazása és alacsony ára miatt jól használható az oktatásban és az amatőr gyakorlatban.

(Gépi beültetéshez a felületre szerelhető változatok feltekerceselt szalagos csomagolással is rendelhetőek, ezeket a megrendelésben egy **T** betű jelöli (például: PIC12F509T-I/MC).)

Nagyteljesítményű mikroprocesszor mag

- Csökkentett utasításkészletű (RISC) felépítés, csak 33 egyszavas utasítás;
- Minden utasítás egyciklusos (az elágazások kétciklusosak);
- 12-bit széles 1024-szavas programmemória, az egyszavas utasítások 8-, és 9-bites konstansokat is tartalmazhatnak;
- 2-szintes hardver verem;
- Közvetlen, közvetett és relatív címzési módok mind az adat-, mind a programmemória eléréséhez;
- 8-bites 41-szavas adatmemória;
- 7 vezérlőregiszter az adatmemória-területen;
- Teljesen statikus felépítés;
- 0..4 MHz-es órajel, akár 1000 ns-os utasításvégrehajtási idő (1 MIPS).

Speciális mikrovezérlő tulajdonságok

- Beépített állapotban való felprogramozás, program módosítás lehetősége (ICSP);
- Beépített állapotban való programvégrehajtás nyomkövetés (ICD);
- Legalább 100.000-szer újraírható FLASH programmemória minimum 40 éves megőrzési idővel;
- Automatikus bekapcsolási Reset-jel (POR);
- Indulás késleltető időzítő (DRT);
- Programfutás felügyeleti időzítő áramkör (WDT);
- Programozható kódvédelem;
- Engedélyezhető külső Reset-bemenet;
- Engedélyezhető belső felhúzóellenállások három I/O kivezetésen;
- Szoftverből aktiválható készenléti üzemmód;
- Kilépés készenléti üzemmódból valamely kivezetés állapotváltására;
- Széles, 2..5,5 V-os tápfeszültségtartomány;
- Széles, -40..+125°C működési hőmérséklet-tartomány;
- Programozható oszcillátor-változatok;
- Belső 4 MHz-es precíziós RC-oszcillátor.

Oscillátor megoldások

- INTRC - 4 MHz-es precíziós belső RC-oszcillátor kalibrációs lehetőséggel;
- EXTRC - külső elemekkel (1db ellenállás, 1db kondenzátor) beállított RC-oszcillátor;
- XT - kvarckristállyal vagy kerámia-rezonátorral beállított oszcillátor 4 MHz-ig;
- LP - alacsony-frekvenciás kvarckristállyal beállított oszcillátor 200 kHz-ig.

Fogyasztás minimalizáló jellemzők

- CMOS technológia - áramfelvétel: max. 0,4 mA (2V, 4MHz); tipikusan 100 nA készenléti üzemmódban (2V);
- Kisfogyasztású FLASH programmemória;
- Széles 2..5,5 V-os tápfeszültségtartomány;
- Alacsony-frekvenciás kvarc-oszcillátor (32..200 kHz).

Perifériakészlet

- 6 db I/O-kivezetés, ebből 1 db csak bemenet, 5 db pedig kétirányú kivezetés, külön-külön programozható adatránnyal, 20 mA-es maximális kimenő árammal;
- 1 db 8-bites számláló/időzítő egység.

1.2. A PIC12F509 mikrovezérlő elektromos jellemzői

Határadatok

A **határadatok** rövid idejű túllépése a mikrovezérlő sérülését, részleges vagy teljes üzemképtelenségét okozhatja! A mikrovezérlő tartós határértéken való működtetése csökkenti annak megbízhatóságát!

Megnevezés	Érték
Üzemi hőmérséklettartomány	-40..+125 °C
Tárolási hőmérséklettartomány	-65..+150 °C
Maximális tápfeszültség (a két tápcsatlakozó között)	6,5 V
Maximális feszültség az <u>MCLR</u> kivezetés és a tokozás földkivezetése között	+13,5 V
Feszültség a külön nem említett kivezetések és a földkivezetés között	-0,3..($U_T+0,3$) V
A tokozás maximális hőleadása	800 mW
A földkivezetés maximális árama	200 mA
Az U_T tápfeszültség kivezetés maximális árama	150 mA
A bemeneti védődiódák maximális árama	± 20 mA
Az I/O kivezetések maximális árama	± 25 mA
Az összes I/O kivezetés együttes maximális árama	± 75 mA

Egyenáramú jellemzők

1.2-2. Táblázat

Megnevezés	Érték			Feltételek
	Min.	Tip.	Max.	
Tápfeszültség	2,0 V	-	5,5 V	-
RAM adatvesztési feszültség	-	1,5 V	-	készenléti üzemmódban
Bekapcsolási Reset (POR) aktiválási feszültség	-	0 V	-	-
Elvárt tápfeszültség felfutási sebesség	0,05 V/ms	-	-	-
Tápáram	-	0,5 mA	-	$f_{OSC} = 4 \text{ MHz}$, $U_T = 5 \text{ V}$
	-	0,17 mA	-	$f_{OSC} = 4 \text{ MHz}$, $U_T = 2 \text{ V}$
	-	0,015 mA	-	$f_{OSC} = 32 \text{ kHz}$, $U_T = 2 \text{ V}$, WDT nélkül
Készenléti áram	-	100 nA	-	$U_T = 2 \text{ V}$, WDT nélkül
Programfutás felügyeleti időzítő (WDT) áram	-	1000 nA	-	$U_T = 2 \text{ V}$
Működési hőmérséklettartomány	-40 °C	-	+85 °C	PIC12F509- I típusok
	-40 °C	-	+125 °C	PIC12F509- E típusok

Megnevezés	Érték			Feltételek
	Min.	Tip.	Max.	
TTL I/O bemenet L-szint	0 V	-	0,8 V	$U_T = 4,5..5,5$ V
	0 V	-	$0,15 U_T$	$U_T < 4,5$ V
MCLR , T0CKI bemenet L-szint	0 V	-	$0,15 U_T$	-
OSC1 bemenet L-szint	0 V	-	$0,15 U_T$	EXTRC üzemmódban
	0 V	-	0,3 V	XT és LP üzemmódban
TTL I/O bemenet H-szint	2 V	-	U_T	$U_T = 4,5..5,5$ V
	$0,25 U_T$	-	U_T	$U_T < 4,5$ V
MCLR , T0CKI bemenet H-szint	$0,85 U_T$	-	U_T	-
OSC1 bemenet H-szint	$0,85 U_T$	-	U_T	EXTRC üzemmódban
	1,6 V	-	U_T	XT és LP üzemmódban
I/O belső felhúzó ellenállás árama	-	0,25 mA	-	$U_T = 5$ V, $U_{BE} = 0$ V
I/O kivezetések bemenő árama	-	-	$\pm 1 \mu\text{A}$	$U_{BE} = 0$ V.. U_T
MCLR kivezetés bemenő árama	-	-	$\pm 30 \mu\text{A}$	$U_{BE} = 0$ V.. U_T
MCLR kivezetés (mint I/O) bemenő árama	-	-	$\pm 5 \mu\text{A}$	$U_{BE} = 0$ V.. U_T
OSC1 kivezetés bemenő árama	-	-	$\pm 5 \mu\text{A}$	$U_{BE} = 0$ V.. U_T , XT és LP üzemmódban

Megnevezés	Érték			Feltételek
	Min.	Tip.	Max.	
I/O kimenet L-szint	-	-	0,6 V	$U_T = 4,5 \text{ V}$, $I_{BE} = 8,5 \text{ mA}$, $T = -40..+85 \text{ °C}$
	-	-	0,6 V	$U_T = 4,5 \text{ V}$, $I_{BE} = 7,0 \text{ mA}$, $T = -40..+125 \text{ °C}$
OSC2 kivezetés L-szint	-	-	0,6 V	$U_T = 4,5 \text{ V}$, $I_{BE} = 1,6 \text{ mA}$, $T = -40..+85 \text{ °C}$
	-	-	0,6 V	$U_T = 4,5 \text{ V}$, $I_{BE} = 1,2 \text{ mA}$, $T = -40..+125 \text{ °C}$
I/O kimenet H-szint	$U_T - 0,7 \text{ V}$	-	-	$U_T = 4,5 \text{ V}$, $I_{KI} = 3,0 \text{ mA}$, $T = -40..+85 \text{ °C}$
	$U_T - 0,7 \text{ V}$	-	-	$U_T = 4,5 \text{ V}$, $I_{KI} = 2,5 \text{ mA}$, $T = -40..+125 \text{ °C}$
OSC2 kimenet H-szint	$U_T - 0,7 \text{ V}$	-	-	$U_T = 4,5 \text{ V}$, $I_{KI} = 1,3 \text{ mA}$, $T = -40..+85 \text{ °C}$
	$U_T - 0,7 \text{ V}$	-	-	$U_T = 4,5 \text{ V}$, $I_{KI} = 1,0 \text{ mA}$, $T = -40..+125 \text{ °C}$
Kapacitív terhelés az I/O kivezetéseken	-	-	50 pF	-
Kapacitív terhelés az OSC2 kimeneten	-	-	15 pF	XT és LP üzemmódban

[Vissza a lap tetejére](#)

Időzítemi jellemzők

1.2-3. Táblázat

Megnevezés	Érték			Feltételek
	Min.	Tip.	Max.	
Külső órajel frekvenciája	0 Hz	-	4 MHz	XT üzemmódban
	0 Hz	-	200 kHz	LP üzemmódban
Oscillátor frekvencia	-	-	4 MHz	EXTRC üzemmódban
	100 kHz	-	4 MHz	XT üzemmódban
	-	-	200 kHz	LP üzemmódban
Külső órajel L és H szintjének időtartama	50 ns	-	-	XT üzemmódban
	2000 ns	-	-	LP üzemmódban
Külső órajel fel- és lefutási idő	-	-	25 ns	XT üzemmódban
	-	-	50 ns	LP üzemmódban
Belső RC oszcillátor frekvenciája	3,96 MHz	4,00 MHz	4,04 MHz	$U_T = 5 \text{ V}$, $T = 20 \text{ °C}$
	3,92 MHz	4,00 MHz	4,08 MHz	$U_T = 2,5..5,5 \text{ V}$, $T = 0..+85 \text{ °C}$
	3,80 MHz	4,00 MHz	4,20 MHz	$U_T = 2..5,5 \text{ V}$, $T = -40..+85 \text{ °C}$, PIC12F509- I típusok
	3,80 MHz	4,00 MHz	4,20 MHz	$U_T = 2..5,5 \text{ V}$, $T = -40..+125 \text{ °C}$, PIC12F509- E típusok

Megnevezés	Érték			Feltételek
	Min.	Tip.	Max.	
Az OSC1 kivezetés Q1 ciklus felfutó él és az I/O kimenet érték váltása közötti idő	-	-	100 ns	$C_T = 50 \text{ pF}$
I/O kimenet felfutási idő	-	10 ns	25 ns	-
I/O kimenet lefutási idő	-	10 ns	25 ns	-
MCLR bemenet Reset-impulzus szélessége	2000 ns	-	-	$U_T = 5 \text{ V}$
Programfutás felügyeleti időzítő (WDT) lefutási ideje	9 ms	18 ms	30 ms	$U_T = 5 \text{ V}$, PIC12F509-I, $T = -40..+85 \text{ °C}$
	9 ms	18 ms	40 ms	$U_T = 5 \text{ V}$, PIC12F509-E, $T = -40..+125 \text{ °C}$
Az indulás késleltető áramkör (DRT) lefutási ideje bekapcsolási Reset (POR) esetén	9 ms	18 ms	30 ms	$U_T = 5 \text{ V}$, PIC12F509-I, $T = -40..+85 \text{ °C}$
	9 ms	18 ms	40 ms	$U_T = 5 \text{ V}$, PIC12F509-E, $T = -40..+125 \text{ °C}$
Az indulás késleltető áramkör (DRT) lefutási ideje egyéb esetekben	-	18 ms	-	XT és LP üzemmódokban
	-	10 μs	-	INTRC és EXTRC üzemmódokban
Az I/O kivezetések nagyimpedanciásra váltása az MCLR bemenetre adott L -impulzus kezdetétől számítva	-	-	2000 ns	-
A T0CKI bemenetre adott H -szint időtartama	$2T_{\text{osc}} + 20 \text{ [ns]}$	-	-	előosztó nélkül
	10 ns	-	-	előosztóval
A T0CKI bemenetre adott L -szint időtartama	$2T_{\text{osc}} + 20 \text{ [ns]}$	-	-	előosztó nélkül
	10 ns	-	-	előosztóval
A T0CKI bemenetre adott impulzus periódusideje	20 ns vagy $4T_{\text{osc}} + 40N \text{ [ns]}$	-	-	amelyik nagyobb, $N =$ előosztási érték (1, 2, 4 .. 256)

A PIC12F509 mikrovezérlő belső felépítésének jellemzői

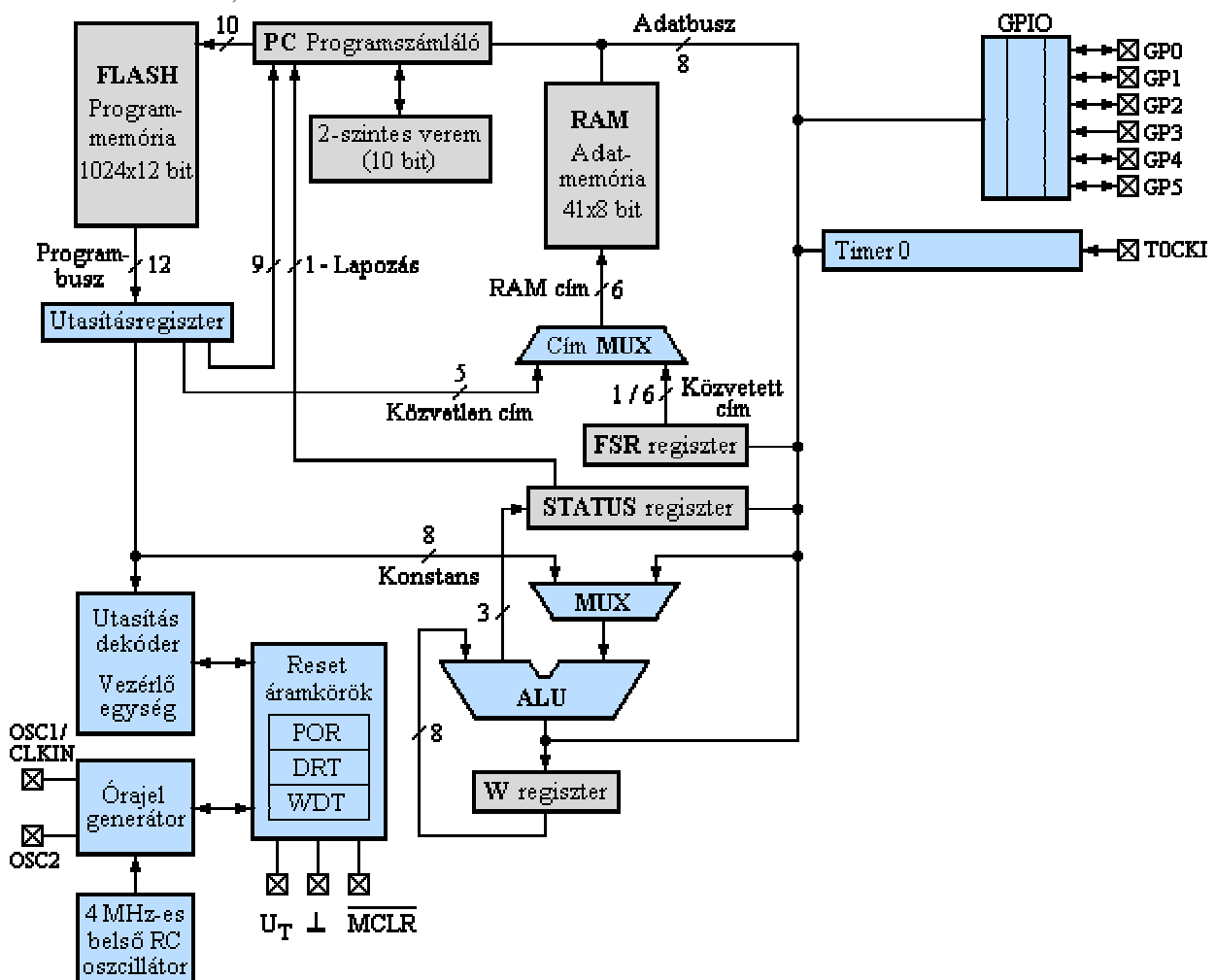
A PIC12F509, egy 8-bites mikrovezérlő, vagyis 8-bites: az adatmemória szóhossza; a belső adatbusza; a **W** munkaregisztere; az aritmetikai és logikai műveletvégző egysége (ALU); de 12-bites a programmemóriája (Harvard architektúra).

A PIC12F509 mikrovezérlő hatékonyságát és viszonylag nagy teljesítményét (1 MIPS) a következő jellemzőknek köszönheti:

- Harvard architektúra;
- hosszú (12 bites) utasításkód;
- 33 egyszavas utasítás;
- az utasítások egyetlen belső ciklus alatt végrehajthatók;
- átfedéses utasításvégrehajtás;
- csökkentett utasításkészlet (RISC);
- közvetlen, közvetett és relatív címzési módok;
- különleges regisztermező, adatmemóriába ágyazott hardver-vezérlő regiszterekkel;
- a teljes adatmemória bit- és bájt szintű utasításokkal egyaránt kezelhető.

A következő tulajdonságok (hiányosságok) különböztetik meg a kisteljesítményű 8-bites típusokat a közepes-, illetve nagyteljesítményű családba tartozó mikrovezérlőktől:

- az OPTION és TRIS vezérlő regiszterek nincsenek beágyazva az adatmemóriába, külön utasításokkal érhetők el;
- nincs megszakításos programelágazási lehetőség;
- a készenléti üzemmódból való kilépés Reset-működéssel jár (a program az elejéről kezdődik, míg a nagyobb családok esetén a felfüggesztés helyétől folytatódik);
- nincs hardveres szorzás, szorzó utasítás.



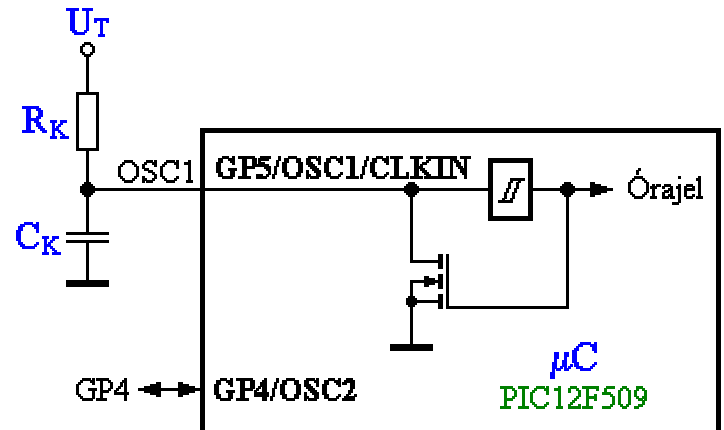
3.1. A PIC12F509 mikrovezérlő oszcillátor kiválasztása

A PIC12F509 mikrovezérlő a következő oszcillátor üzemmódokban működtethető:

- **INTRC** - 4 MHz-es precíziós belső RC-oszcillátor kalibrációs lehetőséggel (az OSC1 és OSC2 csatlakozás általános I/O kivezetés);
- **EXTRC** - külső elemekkel (1db ellenállás, 1db kondenzátor) beállított RC-oszcillátor (az OSC2 csatlakozás általános I/O kivezetés);
- **XT** - kvarckristállyal vagy kerámia-rezonátorral beállított oszcillátor 4 MHz-ig;
- **LP** - alacsony-frekvenciás kvarckristállyal beállított oszcillátor 200 kHz-ig.

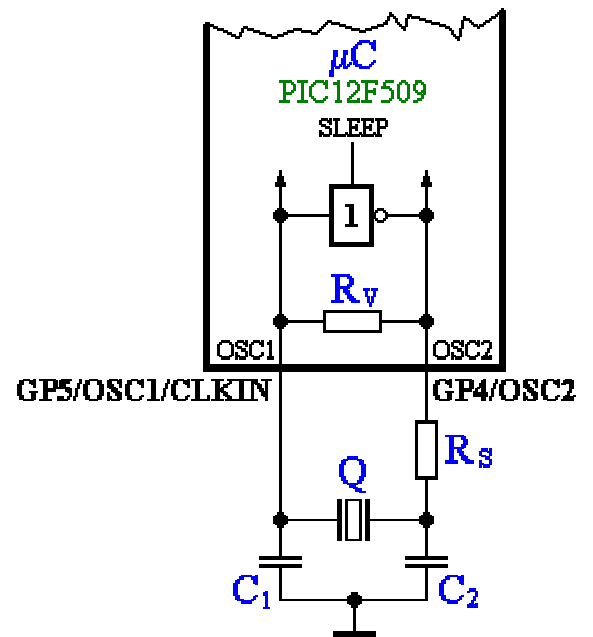
EXTRC üzemmódban a külső elemek az **OSC1** kivezetésre kapcsolódnak, az **OSC2** kivezetés általános I/O csatlakozóként működik.

3.1-1. Ábra



XT és **LP** üzemmódokban az alábbi ábrának megfelelően egy kvarckristály vagy egy kerámia rezonátor alkalmazásával kell az órajelgenerátort felépíteni. A külső alkatrészek a mikrovezérlő **OSC1** és **OSC2** kivezetéséhez kapcsolódnak.

3.1-2. Ábra



A PIC12F509 mikrovezérlő oszcillátor üzemmódjának kiválasztása a

[konfigurációs szó](#) alsó két bitjének beállításával történik a mikrovezérlő felprogramozásakor. A következő táblázat a beállítandó értékeket ismerteti.

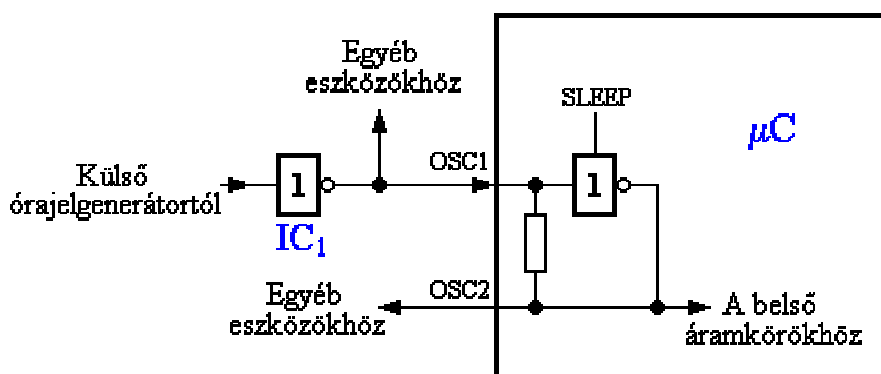
Üzemmód	FOSC1	FOSC0
LP	0	0
XT	0	1
INTRC	1	0
EXTRC	1	1

A PIC12F509 mikrovezérlő külső órajelről is működtethető, annak [XT és LP oszcillátor üzemmódjában](#). A külső órajelet az **OSC1/CLKIN** kivezetésre kell kapcsolni. Az **OSC2** kivezetésen megjelenik egy ellenfázisú órajel, ami szintén felhasználható más áramkörökhöz.

A külső órajel időzítési viszonyainak meg kell felelniük az alábbi követelményeknek.

3.3-1. Táblázat				
Megnevezés	Érték			Feltételek
	Min.	Tip.	Max.	
Külső órajel frekvenciája	0 Hz	-	4 MHz	XT üzemmódban
	0 Hz	-	200 kHz	LP üzemmódban
Külső órajel L és H szintjének időtartama	50 ns	-	-	XT üzemmódban
	2000 ns	-	-	LP üzemmódban
Külső órajel fel- és lefutási idő	-	-	25 ns	XT üzemmódban
	-	-	50 ns	LP üzemmódban

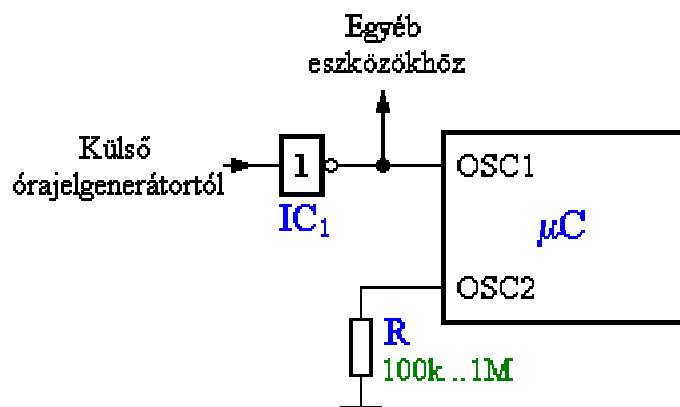
A következő ábra a PIC12F509 mikrovezérlő órajelgenerátorának külső órajellel való meghajtását mutatja be.



3.3-1. Ábra

Látható, hogy az **OSC2** kivezetésen megjelenő órajel a mikrovezérlő [készenléti üzemmódjában](#) szünetel, így az **OSC2** kivezetés órajelének felhasználásával megoldható más áramkörök együttes készenléti üzemmódba helyezése.

Felhasználás hiányában az **OSC2** kivezetés bekötés nélkül hagyható, de a nagyobb zavarvédetség elérésére egy ellenálláson keresztül a földpontra köthető.



3.3-2. Ábra

Figyelembe kell venni, hogy az **R** ellenállás a mikrovezérlő fogyasztását bizonyos mértékben növeli!

5.2. A PIC12F509 mikrovezérlő készenléti (SLEEP) üzemmódja

A PIC12F509 mikrovezérlő a SLEEP utasítással kislevegyszású készenléti üzemmódba léptethető. A készenléti üzemmód ideje alatt a programfutás szünetel, de az I/O kivezetések megtartják eredeti állapotukat.

A SLEEP utasítás hatására:

- a [programfutás felügyeleti időzítő áramkör \(WDT\)](#) számlálója nullázódik, de az áramkör tovább működik;
- a [STATUS regiszter](#) jelzőbitje "1"-re áll be;
- a [STATUS regiszter](#) jelzőbitje "0"-ra áll be;
- és az oszcillátor áramkör leáll.

A PIC12F509 mikrovezérlő **áramfelvétele** készenléti üzemmódban 100 nA alá vihető ($U_T = 2\text{ V}$, WDT tiltva). A minimális fogyasztáshoz minimálisra kell beállítani az I/O-kivezetések áramát, valamint a **T0CKI** és

bemeneteknek a földpotenciálon vagy a tápfeszültség szintjén kell lenni.

A készenléti üzemmódból való kilépés az alábbi [Reset-működések](#) hatására jön létre:

- Külső Reset - az bemenetre adott logikai "0"-szint hatására (ha a külső Reset a [konfigurációs biztosítékok MCLR](#) vezérlő bitjével engedélyezve van);
- [Programfutás felügyeleti időzítő \(WDT\)](#) Reset - a WDT áramkör túlsordulásakor (ha annak működése a [konfigurációs biztosítékok WDTE](#) vezérlő bitjével engedélyezve van);
- Bemenet változás Reset - a **GP0**, **GP1** vagy **GP3** bemenet szintváltásakor (ha az [OPTION regiszter](#) vezérlő bitjével engedélyezve van).

A bemenet-változás jel az utolsó I/O olvasáskor érvényes állapotokhoz viszonyított eltérés hatására jelenik meg, ezért engedélyezett bemenet-változás ébresztés esetén a SLEEP utasítást megelőzően egy I/O olvasást kell végrehajtani, különben a készenléti üzemmód aktiválásakor azonnali ébresztés jöhet létre!

A készenléti üzemmódból való kilépéskor a WDT áramkör számlálója minden esetben nullázódik, a Reset-működés kiváltó okától függetlenül.

Az ébredés késleltetését, vagyis a belső Reset-impulzus 18 ms-os (10 μ s-os) hosszát a Reset-időzítő egység (DRT) határozza meg.

Az ébredés-késleltetés értékeit mutatja be a következő táblázat.

Megnevezés	Érték			Feltételek
	Min.	Tip.	Max.	
Az ébredés késleltetés ideje, amit a DRT lefutási ideje határoz meg	-	18 ms	-	XT és LP üzemmódokban
	-	10 μ s	-	INTRC és EXTRC üzemmódokban

Ha a [programfutás felügyeleti időzítő áramkör \(WDT\)](#) működése engedélyezve van, a készenléti üzemmód bizonyos idő elteltével automatikusan megszakad.

A WDT áramkör lefutásának időtartományát mutatja be a következő táblázat.

Megnevezés	Érték			Feltételek
	Min.	Tip.	Max.	
Programfutás felügyeleti időzítő (WDT) lefutási ideje utóosztó nélkül	9 ms	18 ms	30 ms	$U_T = 5 \text{ V}$, PIC12F509-I, $T = -40..+85 \text{ }^\circ\text{C}$
	9 ms	18 ms	40 ms	$U_T = 5 \text{ V}$, PIC12F509-E, $T = -40..+125 \text{ }^\circ\text{C}$
Programfutás felügyeleti időzítő (WDT) lefutási ideje maximális utóosztással	1,1 s	2,3 s	4 s	$U_T = 5 \text{ V}$, PIC12F509-I, $T = -40..+85 \text{ }^\circ\text{C}$
	1,1 s	2,3 s	5,1 s	$U_T = 5 \text{ V}$, PIC12F509-E, $T = -40..+125 \text{ }^\circ\text{C}$

Az, hogy a készenléti üzemmódból való kilépés milyen esemény hatására ment végbe, a [STATUS regiszter GPWUF](#), [TO](#) és [PD](#) jelzőbitjeinek vizsgálatával dönthető el. A lehetséges eseteket mutatja be a következő táblázat.

Reset kiváltó ok	Jelzőbit		
	GPWUF	TO	PD
WDT ébresztés	0	0	0
WDT túlsordulás	0	0	v
Külső Reset ébresztés	0	1	0
Bekapcsolási Reset	0	1	1
Külső Reset	0	v	v
Bemenet jelváltozás ébresztés	1	1	0

v - változatlan érték

6.1. A PIC12F509 mikrovezérlő konfigurációs biztosítékai

A PIC12F509 mikrovezérlő programmemóriába integrált (a 7FFh címre) 12-bites konfigurációs regiszterét mutatja be a következő táblázat.

6.1-1. Táblázat														
CONFIG	11.bit	10.bit	9.bit	8.bit	7.bit	6.bit	5.bit	4.bit		3.bit	2.bit		1.bit	0.bit
Gyári azonosító	-	-	-	-	-	-	-	MCLRE			WDTE		FOSC1	FOSC0
Jelentés	Nincs szerepük							A GP3/ kivezetés funkciójának kiválasztása "0" - GP3 "1" -		Programmemória kódvédelem engedélyezése "0" - engedélyezve "1" - tiltva	Programfutás felügyeleti időzítő áramkör (WDT) engedélyezése "0" - tiltva "1" - engedélyezve	Oscillátor üzemmód kiválasztása 00 - LP 01 - XT 10 - INTRC 11 - EXTRC		

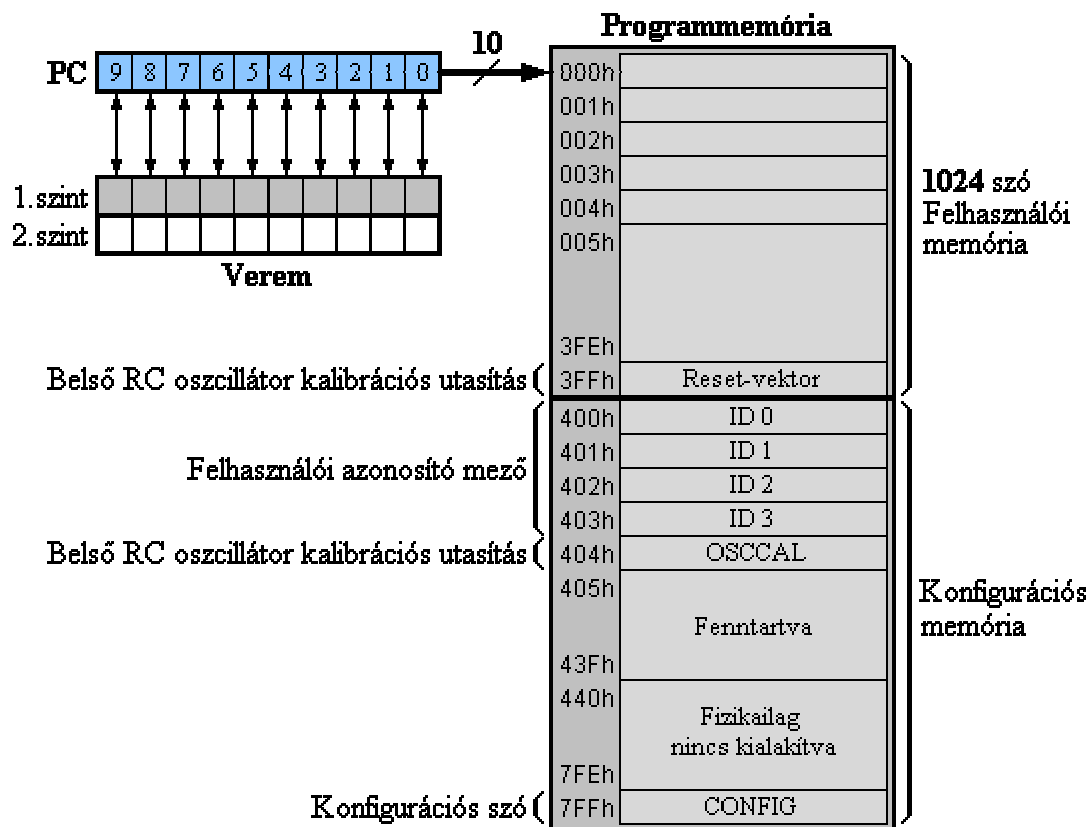
A bemutatott konfigurációs szó csak programozáskor érhető el és módosítható.

7.1. A PIC12F509 mikrovezérlő programmemóriája

A PIC12F509 mikrovezérlőbe két teljesen különálló memóriablokk van elhelyezve: a FLASH programmemória és az [SRAM adatmemória](#).

A PIC12F509 mikrovezérlő programmemóriája 1024 db 12-bites memóriarekeszből áll.

A programmemória, a programszámláló és a két-szintes hardver verem kapcsolatának blokkvázlata látható a következő ábrán.



7.1-1. Ábra

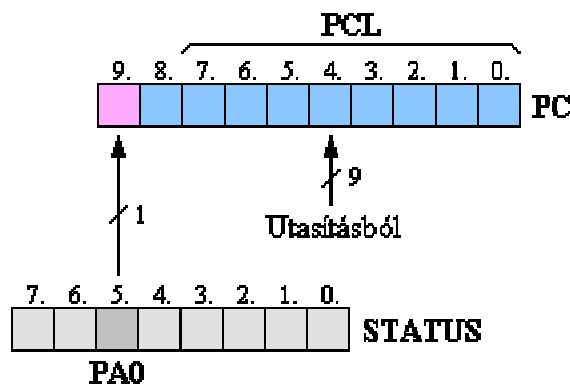
A 12-bites programmemória a következő részekből áll:

- 1024-szavas felhasználói memória, amely a mikrovezérlő működtető-programját tárolja (a Reset-vektor által kijelölt utolsó helyen egy MOVLW xx utasítás áll, amely a mikrovezérlő Reset utáni indulásakor a [belső RC oszcillátor](#) kalibrációs értékét tölti be a munkaregiszterbe);
- 4-szavas felhasználói azonosító mező, amely csak [programozási üzemmódban](#) érhető el, de ezen memóriarekeszek esetében adattárolásra csak az alsó 4-bites rész használható, a felső nyolc bitet "1"-esekkel kell feltölteni: 1111 1111 xxxx;
- a [belső RC oszcillátor](#) kalibrációs értékét tároló háttérregiszter (404h), amelynek segítségével a felhasználói programmemória törlése után a kalibrációs érték a 3FFh helyre visszaírható (csak programozási üzemmódban érhető el);
- a [konfigurációs szó](#) (7FFh), amely a mikrovezérlő hardverbeállításait határozza meg (csak programozási üzemmódban érhető el).

Az 1024-szavas programmemória címzését a 10-bites **programszámláló (PC)** végzi, amelynek az adatmemóriába beágyazott alsó 8 bitje általános adatregiszterként kezelhető. A programszámláló értéke normál sorrendű programfutásnál minden utasításbeolvasás után eggyel nő. A [Reset-működés](#) során 3FFh-ra áll be, majd a kalibrációs utasítás beolvasása után túlcserélődik 000h-ra és az itt elhelyezett utasítással kezdi a felhasználói program végrehajtását.

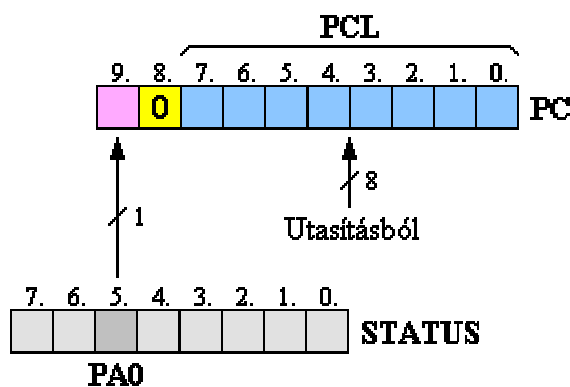
Programelágazások esetén a programmemória-cím alsó része közvetlenül az elágazó utasításból kerül a programszámlálóba, a felső rész értékadása pedig szoftverből történik, az alábbiaknak megfelelően.

A GOTO utasítás tartalmazza a cím alsó 9-bitjét, a felső bit a [STATUS regiszter PA0](#) bitje, amelyet a felhasználói programnak még a GOTO utasítás kiadása előtt be kell állítania. (A külön kezelendő **PA0** bit a programmemóriát két 512-szavas lapra osztja. Lapváltás esetén a **PA0** bitet módosítani kell!) A következő ábra a GOTO utasítás címbeállítását mutatja be.



7.1-2. Ábra

A CALL szubrutinhívó utasítás és a **PCL** regiszter közvetlen írásával működő "számított ugrások" csak a memórialapok alsó 8-bites címtartományát (256 szó) képesek elérni, mivel ilyen esetekben a **PC** 8. bitje automatikusan nullára áll be. A szubrutinhívások és "számított ugrások" címbeállítását mutatja be a következő ábra.



7.1-3. Ábra

A szubrutinhívásoknak és a "számított ugrásoknak" a programmemória-lapok első 256 szavának valamelyikére (a 000h..0FFh vagy 200h..2FFh címekre) kell irányulnia!

Szubrutinhívás esetén a visszatérési cím a 2-szintes **hardver verembe** kerül, amely így két szint mélységű szubrutin-egymásbaágyazódást tesz lehetővé. A verem nem része az adatmemóriának, így nem is írható vagy olvasható szoftveresen, mintahogy a veremmutató sem. **A verem állapotáról vagy esetleges túlcsoordulásáról a felhasználó nem kap tájékoztatást.**

Szubrutinhívás esetén a normál sorrendű programfutásra való visszatérés nem igényel memórialapozási műveleteket, mivel a veremben a teljes 10-bites visszatérési cím tárolódik.

7.3. A PIC12F509 mikrovezérlő adatmemóriája

A PIC12F509 mikrovezérlőbe két teljesen különálló memóriablokk van elhelyezve: a [FLASH programmemória](#) és az SRAM adatmemória.

A 8-bites adatmemória 7db hardvervezérlő regisztert és 41 db általános célú memóriaregisztert tartalmaz, amelyek bit- és bájt szinten egyaránt kezelhetők, valamint közvetlen és közvetett címmel is elérhetőek.

[Egy kinyomtatható, *.doc \(Word 6.0\) formátumú szavankénti regisztertérkép](#), amely segíti a programírási munkát, az általános adatregiszterek kiosztását, kezelését.

[Egy kinyomtatható, *.doc \(Word 6.0\) formátumú bitenkénti regisztertérkép](#).

A következő táblázat a PIC12F509 mikrovezérlő adatmemóriájának regisztertérképét mutatja be.

7.3-1. Táblázat

0. lap		1. lap	
00h	INDF	a 00h - 0Fh tartományt éri el	20h
01h	TMRO		21h
02h	PCL		22h
03h	STATUS		23h
04h	FSR		24h
05h	OSCCAL		25h
06h	GPIO		26h
07h	9 bájt általános célú regiszter		27h
0Fh			2Fh
10h	16 bájt általános célú regiszter	16 bájt általános célú regiszter	30h
1Fh			3Fh

A 7 vezérlőregiszter és a 41 általános adatregiszter két memórialapon van elhelyezve. (A 32 férőhelyes 1. lap alsó fele a 0. lapon levő regisztereket éri el.) Közvetlen címmel az 5-bites, lapon belüli címet az utasítás tartalmazza. Azt, hogy az utasítás melyik lapot éri el, az **FSR** regiszter 5. bitjének értéke határozza meg. (Azoknál a felhasználói programoknál, amelyek csak a 0. lapot használják, nincs szükség memórialapozásra.)

Közvetett címmel az **FSR** regiszter alsó hat bitjével a teljes adatmemória (mind a két lap) átfogható, külön lapozási fogások nélkül.

A következő táblázat a hardvervezérlő regiszterek rendeltetését mutatja be.

Cím	Gyári azonosító	Szerepe
00h	INDF	A közvetett címzés eredményregisztere
01h	TMR0	A Timer 0 időzítő számlálólánca
02h	PCL	A 9-bites programszámláló alsó 8-bites része
03h	STATUS	A mikrovezérlő állapotregisztere
04h	FSR	A közvetett címzés címzőregisztere
05h	OSCCAL	A belső RC oszcillátor kalibrációs regisztere
06h	GPIO	Az I/O port ki- és bemeneti regisztere
07h	-	25db általános adatregiszter
.....	
1Fh	-	
30h	-	16db általános adatregiszter
.....	
3Fh	-	

A PIC12F509 mikrovezérlő adatmemórián kívüli regiszterei:

Cím	Gyári azonosító	Szerepe
-	W	Műveletvégző munkaregiszter
-	OPTION	A perifériavezérlő regiszter
-	TRIS	Az I/O port konfigurációs regisztere

A **W** munkaregiszter a számtani és logikai műveletek egyik értékét és/vagy eredményét tartalmazza, így az adott értéket még a műveletvégző utasítás előtt el kell helyezni benne. Értékadását és kiolvasását az adatmozgató utasítások biztosítják.

Az **OPTION** és **TRIS** regiszterek értékadását külön utasítások biztosítják (OPTION, TRIS x).

PIC12F509 bitenkénti regisztertérkép

	Azonosító	7. bit	6. bit	5. bit	4. bit	3. bit	2. bit	1. bit	0. bit
	OPTION	GPWU	GPPU	T0CS	T0SE	PSA	PS2	PS1	PS0
	TRIS	-	-						
0	INDF								
1	TMR0								
2	PCL								
3	STATUS	GPWUF	-	PA0	TO	PD	Z	DC	C
4	FSR	-	-	-					
5	OSCCAL	CAL6	CAL5	CAL4	CAL3	CAL2	CAL1	CAL0	-
6	GPIO	-	-						
7									
	CONFIG	-	-	-	MCLRRE	CP	WDTE	FOSC1	FOSC0

A PIC12F509 mikrovezérlő STATUS regisztere

A PIC12F509 mikrovezérlő állapotregiszterét mutatja be a következő táblázat.

7.4-1. Táblázat								
STATUS	7.bit	6.bit	5.bit	4.bit	3.bit	2.bit	1.bit	0.bit
Gyári azonosító	GPWUF	-	PA0	<u>TO</u>	<u>PD</u>	Z	DC	C
Jelentés	Bemenet jelváltozás Reset jelzőbit "1" - ébredés jelváltozásra; "0" - egyéb Reset	Nincs szerepe	<u>Programmemória</u> - lap választó bit "1" - 200h..3FFh címtartomány; "0" - 000h..1FFh címtartomány	<u>WDT</u> túlcsordulás jelzőbit "1" - Bekapcsolási Reset vagy CLRWDT, SLEEP utasítás után; "0" - WDT túlcsordulás	<u>Készenléti üzemmód</u> aktiválás jelzőbit "1" - Bekapcsolási Reset vagy CLRWDT utasítás után; "0" - SLEEP utasítás után	Zérusjelző bit "1" - ha az eredmény 0; "0" - ha az eredmény nem 0	4-bites túlcsordulás (kölsön) jelzőbit "1" - túlcsordult (nincs kölsön); "0" - nincs túlcsordulás (kölsön)	8-bites túlcsordulás (kölsön) jelzőbit "1" - túlcsordult (nincs kölsön); "0" - nincs túlcsordulás (kölsön)
Jellemzők	Írható- olvasható	Írható- olvasható	Írható- olvasható	Csak olvasható	Csak olvasható	Írható- olvasható	Írható- olvasható	Írható- olvasható
POR után	0	0	0	1	1	x	x	x

A STATUS regiszter [Reset kiváltó ok](#) azonosító bitjeinek lehetséges értékeit mutatja be a következő táblázat.

7.4-2. Táblázat			
Reset kiváltó ok	Jelzőbit		
	GPWUF	<u>TO</u>	<u>PD</u>
WDT ébresztés	0	0	0
WDT túlcsordulás	0	0	v
Külső Reset ébresztés	0	1	0
Bekapcsolási Reset	0	1	1
Külső Reset	0	v	v
Bemenet jelváltozás ébresztés	1	1	0

v - változatlan érték

A PIC12F509 mikrovezérlő OPTION regisztere

A PIC12F509 mikrovezérlő perifériavezérlő regiszterét mutatja be a következő táblázat.

7.5-1. Táblázat								
OPTION	7.bit	6.bit	5.bit	4.bit	3.bit	2.bit	1.bit	0.bit
Gyári azonosító	<u>GPWU</u>	<u>GPPU</u>	T0CS	T0SE	PSA	PS2	PS1	PS0
Jelentés	Ébresztés bemenet jelváltozásra engedélyezése (GP0, GP1, GP3); "0" - engedélyezve; "1" - tiltva	<u>I/O port</u> felhúzó ellenállás engedélyezés (GP0, GP1, GP3) "0" - engedélyezve; "1" - tiltva	<u>Timer 0</u> órajel kiválasztás "0" - belső utasítás ciklus; "1" - T0CKI bemenet	<u>Timer 0</u> léptetőél kiválasztás; "0" - felfutó; "1" - lefutó	Órajel előosztó hozzárendelés; "0" - <u>Timer0</u> -hoz; "1" - <u>WDT</u> -hez	Előosztó osztási arány beállítás Érték Timer0 WDT osztás osztás		
						000	1:2	1:1
						001	1:4	1:2
						010	1:8	1:4
						011	1:16	1:8
						100	1:32	1:16
						101	1:64	1:32
						110	1:128	1:64
						111	1:256	1:128
Jellemzők	Csak írható	Csak írható	Csak írható	Csak írható	Csak írható	Csak írható	Csak írható	Csak írható
POR után	1	1	1	1	1	1	1	1

Mivel az **OPTION** regiszter nem része az adatmemóriának, nem kezelhető az általános adatmozgató utasításokkal. Értékadását az **OPTION** utasítással kell elvégezni.

A PIC12F509 mikrovezérlő Reset utáni regiszterállapotai

A PIC12F509 mikrovezérlő regisztereinek Reset utáni állapotait mutatja be a következő táblázat.

4.2-1. Táblázat

Cím	Regiszter	Bekapcsolási Reset (POR)	Külső Reset	Külső Reset készenléti üzemmódban	WDT Reset	WDT Reset készenléti üzemmódban	Bemenet változás Reset
-	W	OSCCAL	OSCCAL	OSCCAL	OSCCAL	OSCCAL	OSCCAL
00h	INDF	xxxx xxxx	vvvv vvvv	vvvv vvvv	vvvv vvvv	vvvv vvvv	vvvv vvvv
01h	TMR0	xxxx xxxx	vvvv vvvv	vvvv vvvv	vvvv vvvv	vvvv vvvv	vvvv vvvv
02h	PC	1111 1111	1111 1111	1111 1111	1111 1111	1111 1111	1111 1111
03h	STATUS	0-01 1xxx	0-0v vvvv	0-01 0vvv	0-00 vvvv	0-00 0vvv	1-01 0vvv
04h	FSR	110x xxxx	11vv vvvv	11vv vvvv	11vv vvvv	11vv vvvv	11vv vvvv
05h	OSCCAL	1111 111-	vvvv vvv-	vvvv vvv-	vvvv vvv-	vvvv vvv-	vvvv vvv-
06h	GPIO	--xx xxxx	--vv vvvv	--vv vvvv	--vv vvvv	--vv vvvv	--vv vvvv
-	OPTION	1111 1111	1111 1111	1111 1111	1111 1111	1111 1111	1111 1111
-	TRIS	--11 1111	--11 1111	--11 1111	--11 1111	--11 1111	--11 1111
07h-1Fh	-	xxxx xxxx	vvvv vvvv	vvvv vvvv	vvvv vvvv	vvvv vvvv	vvvv vvvv
30h-3Fh	-	xxxx xxxx	vvvv vvvv	vvvv vvvv	vvvv vvvv	vvvv vvvv	vvvv vvvv

x - ismeretlen érték; v - változatlan érték; - - nincs szerepe, olvasva "0"; OSCCAL - oszcillátor kalibrációs érték.

A PIC12F509 mikrovezérlő I/O portja

A PIC12F509 (8-kivezetéses) mikrovezérlő egyetlen 6-bites I/O portot tartalmaz, amely ki- vagy bemenő vonalai más perifériákkal, segédáramkörökkel osztoznak a hat felhasználható csatlakozóponton. Ha egy kivezetéshez valamely másik segédáramkör már hozzá van rendelve, akkor az I/O funkció már nem használható.

A következő táblázat az I/O port kivezetéseit mutatja be. A kivezetés azonosítójára kattintva elérhető annak áramköri vázlata.

9.1-1. Táblázat			
Kivezetés azonosítója	Bemeneti áramkör	Kimeneti áramkör	Leírás
GP0	TTL	CMOS	Kétirányú digitális I/O kivezetés, szoftveres irányválasztás, szoftveres felhúzó ellenállás hozzárendelés, ébredtész jelváltozásra
GP1	TTL	CMOS	Kétirányú digitális I/O kivezetés, szoftveres irányválasztás, szoftveres felhúzó ellenállás hozzárendelés, ébredtész jelváltozásra
GP2	TTL	CMOS	Kétirányú digitális I/O kivezetés, szoftveres irányválasztás
GP3	TTL	-	Digitális bemenet, szoftveres felhúzó ellenállás hozzárendelés, ébredtész jelváltozásra
GP4	TTL	CMOS	Kétirányú digitális I/O kivezetés, szoftveres irányválasztás
GP5	TTL	CMOS	Kétirányú digitális I/O kivezetés, szoftveres irányválasztás

Az I/O port kezelése két, a porthoz rendelt vezérlő regiszterrel történik:

- A kivezetések adataránya egyenként megadható az adatmemórián kívül elhelyezett **TRIS** hardver-vezérlő regiszter segítségével. A logikai "1" beállítás bemenetet, a logikai "0" kimenetet ad meg. A mikrovezérlő összes lehetséges [reset működésének](#) hatására a **TRIS** regiszter adatarány-bitjei automatikusan logikai "1" szintűre állnak be, vagyis a kivezetések nagy-impedanciás bemenetként konfigurálódnak. A **TRIS** regiszter értékadása a TRIS x utasítással lehetséges, ahol az x érték a port [adatregiszterének \(GPIO\) címe](#), vagyis a PIC12F508 mikrovezérlő esetében H'6'.

- Az I/O port értékadása és kiolvasása az adatmemória H'6' címén elhelyezett **GPIO** adatregiszter segítségével lehetséges. Egy kimenetként konfigurált kivezetés kimenő értéke a **GPIO** regiszter kivezetéshez tartozó bitjének írásával adható meg. Egy bemenetként konfigurált port kivezetés bemenő értéke a **GPIO** értékének kiolvasásával állapítható meg.

A GPIO regiszter olvasásakor a kapott érték közvetlenül a kivezetések logikai szintjének megfelelő érték. A beolvasáskor a kimenetnek konfigurált kivezetések értéke is átvitelre kerül. Ha egy kimenetet egy külső áramkör a beállított értékével ellentétes logikai szinten tart, akkor ez az érték (nem a beállított) kerül beolvasásra.

A következő táblázat a **TRIS** regisztert mutatja be.

9.1-2. Táblázat								
TRIS	7.bit	6.bit	5.bit	4.bit	3.bit	2.bit	1.bit	0.bit
Jelentés	Nincs szerepe	Nincs szerepe	GP5 iránybeállítás 1 - bemenet; 0 - kimenet	GP4 iránybeállítás 1 - bemenet; 0 - kimenet	Nincs szerepe	GP2 iránybeállítás 1 - bemenet; 0 - kimenet	GP1 iránybeállítás 1 - bemenet; 0 - kimenet	GP0 iránybeállítás 1 - bemenet; 0 - kimenet
Jellemzők	Csak írható	Csak írható	Csak írható	Csak írható	Csak írható	Csak írható	Csak írható	Csak írható
Bármely Reset után	-	-	1	1	-	1	1	1

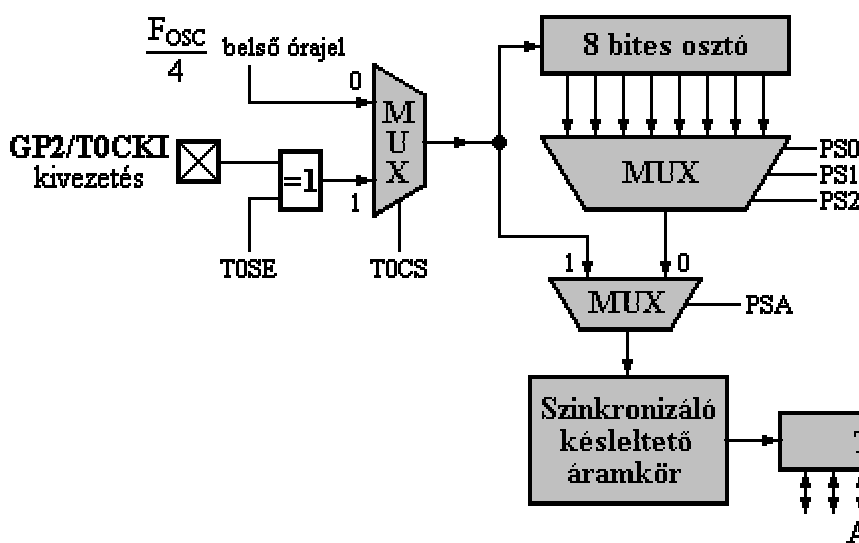
A PIC12F509 mikrovezérlő Timer 0 számláló áramköre

A PIC12F509 mikrovezérlő egyetlen időzítő-számláló áramkört tartalmaz, amely az órajelforrástól függően időzítési vagy számlálási feladatokat láthat el. Az időzítő-számláló áramkör gyári elnevezése: **Timer 0**.

A Timer 0 egy 8-bites bináris felfelé számláló áramkör. Főbb jellemzői:

- a 8-bites **TMR0** számlálólánc az [adatmemória-területen](#) van elhelyezve;
- tetszőleges időpontokban írható és olvasható, vagyis kezdőértékkel feltölthető, illetve állapota bármikor megvizsgálható;
- 8-bites programozható előosztóval rendelkezik (1:2, 1:4, 1:8, 1:16, 1:32, 1:64, 1:128 és 1:256 beállítható osztási arányokkal);
- választható külső vagy belső léptetőjel (ahol a belső jel csak az utasításciklus órajele, tehát az oszcillátor órajelének negyede lehet);
- kiválasztható a külső léptetőjel aktív éle.

A Timer 0 áramkörének elvi vázlata:



10.1-1. Ábra

A Timer 0 számláló áramkör léptetőjele a **T0CKI mikrovezérlő bemenetre** kapcsolt külső jel vagy az oszcillátor áramkör frekvenciájának negyede lehet. A kiválasztás az **OPTION vezérlő regiszterben** elhelyezett **T0CS** bit beállításával történhet. A logikai "0" érték a belső utasításciklus órajelét, a logikai "1" érték a külső órajelforrást választja ki.

A **külső léptetőjel** állandó frekvenciájú órajel vagy véletlenszerű impulzus-sorozat egyaránt lehet, ha az a szükséges időzítési feltételeknek megfelel. A **T0CKI** bemenetre kapcsolt külső léptetőjel aktív élének kiválasztása (amelynek hatására a számláló előre lép) az **OPTION vezérlő regiszterben** elhelyezett **T0SE** bit beállításával történhet. A logikai "0" érték felfutó, az "1" érték lefutó él választ ki.

A 8-bites előosztó áramkör Timer 0-hoz rendelése az **OPTION vezérlő regiszterben** elhelyezett **PSA** bit "0"-ra állításával, az osztási érték beállítása az ugyanitt elhelyezett **PS0..PS2** vezérlő bitekkel történhet. (A Timer 0-hoz alkalmazható előosztó egyben a **programfutás felügyeleti időzítő áramkör (WDT)** utóosztója is, amelyet a két áramkör együttesen nem használhat.)

A Timer 0 léptető jelét egy szinkronizáló áramkör késlelteti olyan mértékben, hogy a léptetés egy jól meghatározott időpontban, a **Q4** órajelciklus elején történjen meg, így ez a folyamat nincs hatással egy esetleges érték kiolvasásra, amely a **Q2** órajelciklusban megy végbe. A szinkronizáló áramkör késleltetése 3..7 órajelciklus, vagyis két utasításciklusnál minden esetben rövidebb.

A Timer 0 számláló-regisztere, a **TMR0** regiszter az általános adatmemória regiszterekhez hasonlóan tetszőleges időpontban írható és olvasható, nullázható, kezdőértékkel feltölthető, pillanatnyi értéke tesztelhető. A **TMR0** regiszter írásakor a hozzárendelt előosztó léptetőregisztere nullázódik és a léptetés két utasításciklusnyi ideig tiltva van. Ezt a késleltetést pontosabb időzítések esetében figyelembe kell venni.

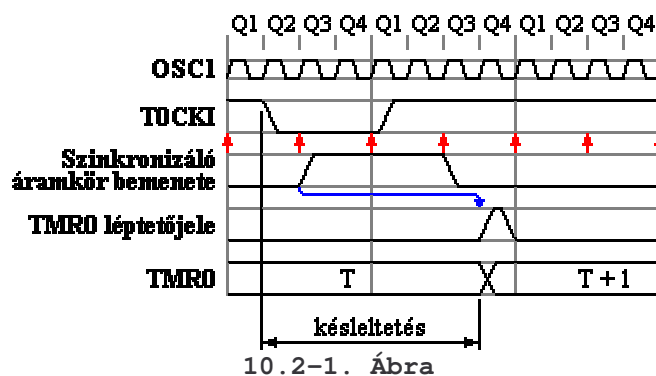
A PIC12F509 mikrovezérlő Timer 0 számláló külső léptetése

A Timer 0 számláló áramkör léptetőjele a **TOCKI mikrovezérlő bemenetre** kapcsolt külső jel vagy az oszcillátor áramkör frekvenciájának negyede lehet. A kiválasztás az **OPTION vezérlő regiszterben** elhelyezett **TOCS** bit beállításával történhet. A logikai "0" érték a belső utasításciklus órajelét, a logikai "1" érték a külső órajelforrást választja ki.

A külső léptetőjel állandó frekvenciájú órajel vagy véletlenszerű impulzus-sorozat egyaránt lehet, ha az a szükséges időzítési feltételeknek megfelel. A **TOCKI** bemenetre kapcsolt külső léptetőjel aktív élnek kiválasztása (amelynek hatására a számláló előre lép) az **OPTION vezérlő regiszterben** elhelyezett **TOSE** bit beállításával történhet. A logikai "0" érték felfutó, az "1" érték lefutó él választ ki.

A külső léptetőjelet egy szinkronizáló áramkör késlelteti olyan mértékben, hogy a léptetés egy jól meghatározott időpontban, a **Q4** órajelciklus elején történjen meg, így ez a folyamat nincs hatással egy esetleges érték kiolvasásra, amely a **Q2** órajelciklusban megy végbe. A szinkronizáló áramkör késleltetése 3..7 órajelciklus, vagyis két utasításciklusnál minden esetben rövidebb.

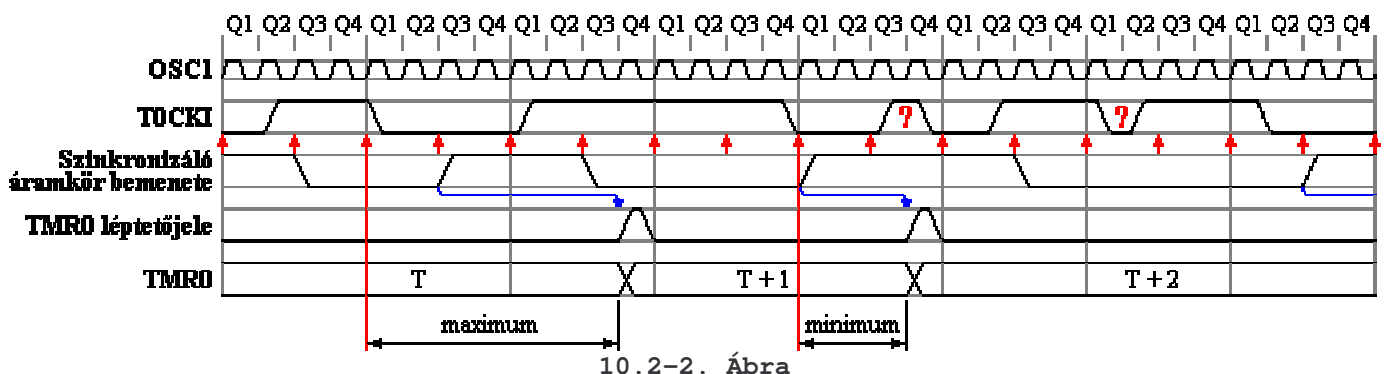
A késleltetés alakulását előosztó alkalmazása nélkül a következő ábra mutatja be.



A külső léptetőjel vizsgálata a **Q2** és **Q4** órajelciklus végén, a piros nyilakkal jelölt időpontokban történik meg. (A fejezet ábráin a lefutó él van kiválasztva aktív élnek.) A külső léptetőjel lefutó éle után következő vizsgálat észleli a léptetés tényét, aminek hatására a szinkronizáló áramkör bemenetére is rákerül a késleltetés indító vezérlő él. A szinkronizáló áramkör bemenetén a logikai "1" szint a külső léptetőjel "1" szintre való visszatérésének észleléséig tart.

A **Timer 0** léptetőjele az észlelést követő 3 vagy 5, illetve a külső léptetőjel megjelenésétől számított 3..7 órajelciklus eltelte után jön létre.

A következő ábra a késleltetések határeseteit és az időkorlát-túllépéseket mutatja be.



Az ábrán jól látható, hogy a mintavételezési időközöknél rövidebb léptető impulzusok esetenként figyelmen kívül maradnak.

Előosztó alkalmazása esetén a mintavételezés az előosztó kimenetén történik meg, így az időkorlátok az osztási aránytól függően megváltoznak.

A következő táblázat a **T0CKI** bemenetre vezetett külső léptetőjel időjellemzőinek határértékeit adja meg.

10.2-1. Táblázat				
Megnevezés	Érték			Feltételek
	Min.	Tip.	Max.	
A T0CKI bemenetre adott H -szint időtartama	$2T_{OSC} + 20$ [ns]	-	-	előosztó nélkül
	10 ns	-	-	előosztóval
A T0CKI bemenetre adott L -szint időtartama	$2T_{OSC} + 20$ [ns]	-	-	előosztó nélkül
	10 ns	-	-	előosztóval
A T0CKI bemenetre adott impulzus periódusideje	20 ns vagy $4T_{OSC} + 40N$ [ns]	-	-	amelyik nagyobb, N = előosztási érték (1, 2, 4 .. 256)