

## مطالب زیر بر گرفته از کتاب مرجع کامل میکروکنترلرهای AVR انتشارات نص می باشد

### فیوزبیت ها در AVR

همانطور که گفته شد تنظیمات اصلی AVR توسط فیوزبیت ها انجام می شود. تعداد و نام فیوزبیت ها در سری های مختلف AVR تقریباً با هم برابر است (با تغییرات جزئی). در این بخش قصد داریم تمام فیوزبیت های موجود در AVR های را توضیح دهیم.

جدول الف-1 تقریباً تمامی فیوزبیت های موجود در AVR ها را نشان می دهد. توجه داشته باشید که با توجه به میکرو کنترلر مورد نظر، ممکن است تعدادی از این فیوزبیت ها در آن بکار گرفته شده باشد.

توجه داشته باشد که در فیوزبیت ها "0" به معنی برنامه ریزی شدن و "1" به معنی برنامه ریزی نشدن فیوزبیت است.

فیوزبیت	فیوزبیت	فیوزبیت	فیوزبیت
S8335C	WDTON	BODLEVEL	OCDEN
S8515C	CKDIV8	BODEN	JTAGEN
	CKOUT	CKSEL0..3	SPIEN
	SELFPRGEN	CKOPT	EESAVE
	DWEN	SUT0..1	BOOTSZ0
	M103C	STU	BOOTSZ1
	M161C	RSTDISBL	BOOTRST

#### فیوزبیت OCDEN

این فیوزبیت در صورت برنامه ریزی شدن (OCDEN=0) به همراه فیوز JTAGEN برای سیستم اشکال زدایی داخل مداری استفاده می شود.

#### فیوزبیت JTAGEN

این فیوزبیت برای فعال کردن رابط JTAG می باشد و به صورت پیش فرض برنامه ریزی شده است. توجه داشته باشید، در صورت برنامه ریزی شدن این فیوزبیت، پایه های پورت JTAG دیگر به عنوان I/O معمولی به کار گرفته نمی شوند.

#### فیوزبیت SPIEN

این فیوزبیت برای فعال کردن قابلیت برنامه ریزی از طریق رابط SPI قابل استفاده و در حالت پیش فرض برنامه ریزی شده است.

#### فیوزبیت EESAVE

در صورت برنامه ریزی شدن این فیوزبیت به هنگام ERASE کردن میکرو کنترلر، حافظه EEPROM داخلی پاک نمی شود.

## فیوزبیت **BOOTSZ0, BOOTSZ1**

این دو فیوزبیت برای انتخاب مقدار فضای حافظه **BOOT** مورد استفاده قرار می گیرند.

## فیوزبیت **BOOTRST**

این فیوزبیت برای انتخاب بردار **RESET** استفاده می شود و در حالت پیش فرض برنامه ریزی نشده است.

## فیوزبیت **BODLEVEL**

این فیوزبیت اگر برنامه ریزی نشده باشد، در صورتی که ولتاژ تغذیه پایه **VCC** از مقدار  $2/7$  ولت کمتر شود، میکروکنترلر در حالت **RESET** قرار می گیرد. و در صورت برنامه ریزی شدن، میکروکنترلر با ولتاژ کمتر از  $4$  ولت در حالت **RESET** قرار می گیرد. توجه داشته باشید که در برخی میکروکنترلرها مانند **ATmega2560** به جای این فیوزبیت، فیوزبیت های **BODLEVEL0...3** بکار رفته است که سه سطح ولتاژ،  $1/8$  ولت،  $2/7$  ولت و  $4/3$  ولت را برای مقایسه در اختیار کاربر قرار می دهد.

## فیوزبیت **BODEN**

این فیوزبیت برای فعال کردن واحد **BROWN-OUT** استفاده می شود.

## فیوزبیت های **CKSEL0..3**

این فیوزبیتها برای انتخاب منبع تولید پالس ساعت استفاده می شوند .

## فیوزبیت **CKOPT**

این فیوزبیت برای انتخاب پالس ساعت نوسان ساز استفاده می شود.

## فیوزبیت **SUT0..1**

این دو فیوزبیت برای تعیین زمان **STARTUP** بکار برده می شوند. در برخی از میکروکنترلر نام این فیوزبیت **STU** می باشد.

## فیوزبیت **RSTDISBL**

با برنامه ریزی این فیوزبیت پایه **RESET** خارجی میکرو غیرفعال می شود و دیگر میکرو باز نشانی خارجی نخواهد شد و می توان از آن پایه به عنوان ورودی معمولی استفاده کرد.

توجه داشته باشید در صورت برنامه ریزی این فیوزبیت دیگر نمی توان میکرو را توسط پروگرامر **ISP** برنامه ریزی کرد.

## فیوزبیت **WDTON**

با برنامه ریزی این فیوزبیت، تایمر نگهبان همیشه روشن می ماند.

## فیوزبیت **CKDIV8**

این فیوزبیت که در برخی از میکروکنترلرها مانند **ATmega162** وجود دارد، در صورت برنامه ریزی شدن فرکانس پالس ساعت سیستم را بر هشت تقسیم می کند.

## فیوزبیت **CKOUT**

این فیوزبیت که در برخی از میکرو کنترلر ها مانند ATmega162 وجود دارد , در صورت بر نامه ریزی شدن پالس ساعت را بر روی پایه PORTB.0 فعال خواهد کرد و می توان از ان به عنوان پالس ساعت برای دیگر قسمت های مدار استفاده کرد.

#### فیوزبیت SELFPRGEN

این فیوزبیت که در میکرو کنترلر های ATmega48/88/168 وجود دارد, در صورت برنامه ریزی شدن میکرومی تواند به بخش BOOT از حافظه برنامه رفته و خودش را برنامه ریزی کند.

#### فیوزبیت DWEN

با برنامه ریزی این فیوزبیت سیستم اشکال زدای داخل مداری فعال خواهد شد.

#### فیوزبیت M103C

این فیوزبیت در میکرو کنترلر های که دارای شباهت با میکرو کنترلر ATmega 103 هستند وجود دارد.ودر صورت برنامه ریزی شدن آن, میکرو مشابه ATmega103 فعالیت خواهد کرد.

#### فیوزبیت S8535C , S8515C , M161C

این فیوزبیت ها مشابه فیوزبیت M103C می باشند با این تفاوت که میکرو کنترلر به ترتیب مشابه AT90s8535,AT90s8515,ATmega16 فعالیت خواهد کرد.

## منابع تولید پالس ساعت در AVR

منابع مختلفی برای تامین پالس ساعت میکروکنترلر وجود دارد. کاربر به کمک فیوزبیت ها می تواند هر کدام از این منابع را انتخاب نماید. منابع مختلف پالس ساعت با فیوزبیت های CKSEL3...0 قابل انتخاب است.

در جدول 1-1 صفر به معنای بر نامه ریزی شدن فیوزبیت و یک به معنی برنامه ریزی نشدن فیوزبیت است. هنگامیکه CPU از مد power-down یا powersave خارج می شود ، پالس ساعت انتخاب شده با کمی تاخیر به میکرو اعمال می شود این تاخیر را زمان startup می نامند که به منظور پایدار شدن پالس ساعت قبل از شروع به کار است.

جدول 1-1 انتخاب منابع مختلف پالس ساعت

Device Clocking Option	CKSEL3..0
External Crystal/Ceramic Resonator	1111-1010
External Low-frequency Crystal	1001
External Rc Oscillator	1000-0101
Calibrated Internal Rc Oscillator	0100-0001
External Clock	0000

هنگامیکه cpu از حالت Reset خارج می شود یک زمان تاخیر بیشتری به منظور تثبیت ولتاژ تغذیه و پایدار شدن پالس ساعت مورد نیاز است .

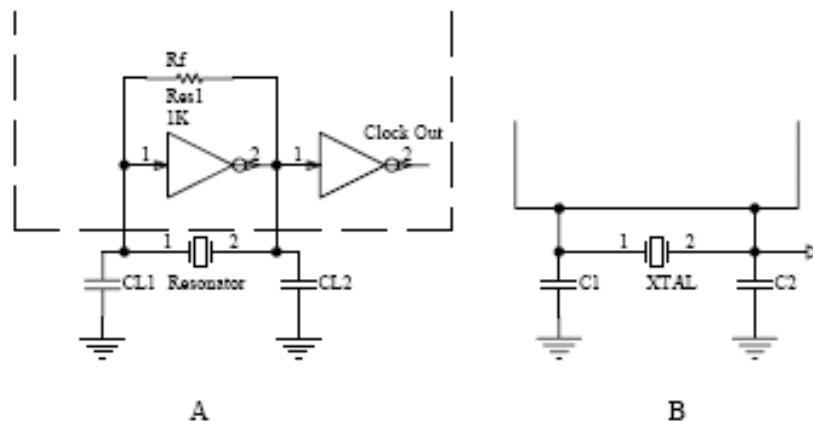
زمان startup توسط تایمر Watchdog قابل تنظیم است. فیوز بیت های SUT1,SUT0 به منظور تنظیم زمان Startup مورد استفاده قرار می گیرند و توسط آنها می توان به زمان های 4.1ms و 65m دست یافت.

### نوسان ساز کریستالی خارجی

یکی از منابع تولید پالس ساعت ، استفاده از نوسان ساز کریستال خارجی می باشد ، در این حالت پایه های

XTAL1 و XTAL2 مطابق شکل 1-2 به صورت ورودی و خروجی یک تقویت کننده داخلی وارونگرمی باشند که می توانند به عنوان نوسان ساز بکار برده شوند.

دو نوع کریستال خارجی را می توان به این دو پایه متصل نمود، 1- کریستال کوارتز، 2- کریستال سرامیکی که هر کدام را می توان توسط فیوز بیت CKOPT انتخاب نمود. هنگامیکه فیوز بیت CKOPT بر نامه ریزی می شود، فرکانس خروجی نوسان ساز دارای محدوده وسیع و دامنه ثابت ولتاژ در خروجی خواهد بود. این حالت برای زمانی که از میکروکنترلر در محیط های پر نویز استفاده می شود، مناسب است. همچنین در این حالت می توان از پایه خروجی XTAL2 مطابق شکل 2-1 B برای فعال کردن بافر پالس ساعت دیگر میکروکنترلر ها نیز استفاده نمود.



شکل 2-1 اتصال اسیلاتور کریستالی به میکرو کنترلر

هنگامیکه فیوزبیت CKOPT برنامه ریزی نشده باشد. دامنه فرکانس نوسان ساز محدودتر خواهد شد. و دیگر نمی توان از پایه XTAL2 به منظور فعال کردن بافر پالس ساعت دیگر میکرو کنترلر ها استفاده نمود. در صورت استفاده از رزوناتور سرامیکی اگر فیوزبیت CKOPT برنامه ریزی شود، فرکانس نوسان ساز حداکثر 16MHZ و در صورت برنامه ریزی نشدن حداکثر 8MHZ خواهد بود.

خازن های C1 و C2 که به عنوان خازن های بالانس شناخته می شوند دارای مقدار یکسانی بوده و مقدار آن به فرکانس کریستال مورد استفاده بستگی دارد و مطابق جدول 2-1 انتخاب می شود.

جدول 2-1 مدهای عملکرد نوسان ساز کریستالی

CKOPT	CKSEL3..1	Frequency Range (MHZ)	Recommended Range for Capacitors c1 and c2 For use with Crystals (pf)
1	101	0.4-0.9	-

1	110	0.9-3.0	12-22
1	111	3.0-8.0	12-22
0	101,110,111	1.0<	12-22

هنگام استفاده از کریستال بسته به نوع کوارتز یا سرامیکی بودن آنها باید یک سری نکات را رعایت نمود.

به طوری کلی تفاوت اصلی بین کریستال کوارتز و سرامیکی را می توان به صورت زیر خلاصه کرد :  
 1- کریستال کوارتز دارای ضریب کیفیت بالا, محدوده فرکانس بالا و حسایت کم نسبت به تغییرات دما است.

2- کریستال سرامیکی نسبت به کوارتز دارای ضریب کیفیت پایین تر , حساس نسبت به تغییرات دما و محدوده فرکانس پایین است و یکی از مزایای آن نسبت به کوارتز پایدار شدن سریع تر فرکانس می باشد.

نوسان ساز در سه محدوده مختلف کار می کند ، که هر کدام برای یک محدوده فرکانس مناسب بوده و به کمک فیوز بیت های CKSEL3:1 قابل انتخاب است .  
 توجه داشته باشید فیوزبیت CKSELO به همراه فیوزبیت های SUT1:0 برای تعیین زمان STARTUP استفاده می شود ، مطابق جدول 3-1

جدول 3-1 تعیین زمان STARTUP برای استفاده از اسیلاتور کریستالی

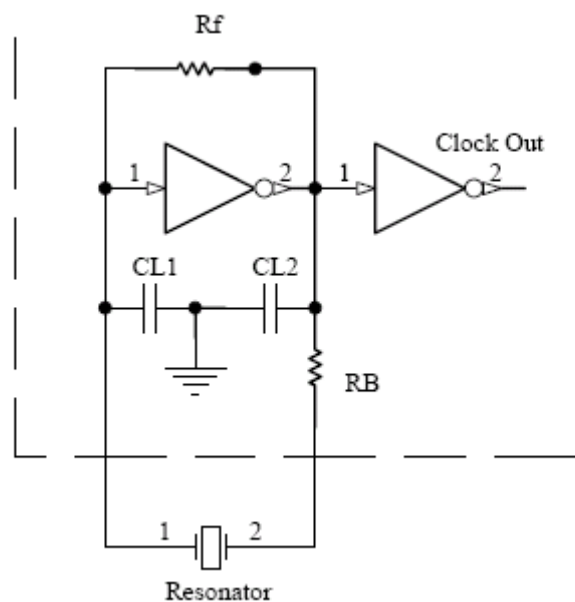
CKSELO	SUT1..0	Start-up time from power-down and power-save	Additional Delay from Reset (v <sub>cc</sub> =5.07)	Recommended usage
0	00	258CK	4.1ms	Ceramic resonator, fast rising power
0	01	258CK	65ms	Ceramic resonator, Slowly rising power
0	10	1 KCK	-	Ceramic resonator, BOD enabled
0	11	1KCK	4.1ms	Ceramic resonator, fast rising power
1	00	1 KCK	65ms	Ceramic resonator, Slowly rising power
1	01	16 KCK	-	Crystal O scillator BOD enabled
1	10	16 KCK	4.1ms	Crystal O scillator fast rising power
				Crystal O

1	11	16 KCK	65ms	scillator Slowly rising power
---	----	--------	------	-------------------------------------

نوسان ساز کریستالی فرکانس پایین

اگر از یک کریستال 32/768KHZ به عنوان منبع پالس ساعت استفاده می کنید ، باید فیوز بیتهای CLKSE3:0 را به صورت 1001 برنامه ریزی کرد. کریستال مطابق شکل 3-1 به پایه های متصل می شود. در این حالت کاربر می تواند با برنامه ریزی فیوزبیت CKOPT ، خازن های داخلی بین پایه های XTAL2,XTAL1 که مقدار 36PF است را فعال نماید و نیاز به استفاده از خازن خارجی را از بین ببرد با استفاده از این نوسان ساز زمان Startup توسط فیوزبیت های SUT0وSUT1 مطابق جدول 4-1 تعیین می شود.

شکل 3-1 نوسان ساز کریستالی فرکانس پایین



جدول 4-1 تعیین زمان startup توسط فیوزبیت های SUT0 و SUT1 برای استفاده از نوسانساز کریستالی فرکانس پایین

SUT1..0	Start-up time from power-down and power-save	Additional Delay from Reset (v <sub>CC</sub> =5.07)	Recommended usage
00	1kck	4.1ms	Fast rising power Or BOD enabled
01	1kck	65ms	Slowly rising power
10	32kck	65ms	Stable frequency

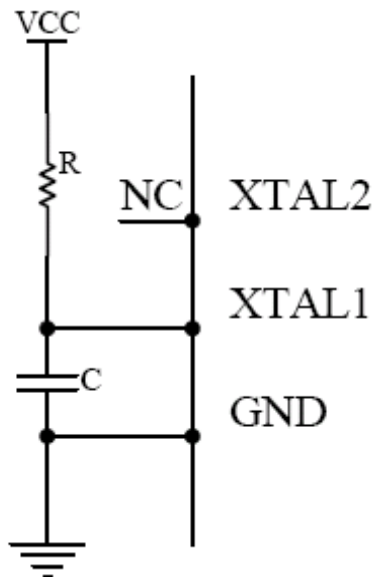


			at start-up
11	Reserved		

### نوسان ساز RC خارجی

می توان به جای استفاده از کریستال خارجی از شبکه RC خارجی مطابق شکل 4-1 استفاده نمود. در این حالت فرکانس نوسان ساز از فرمول  $F=1/(3RC)$  بدست می آید.

شکل 4-1 نوسان ساز خارجی RC



در این فرمول خازن C حداقل 22PF و مقدار مقاومت  $3K < R < 100K$  می باشد. در صورت برنامه ریزی شدن فیوزبیت CKOPT یک خازن داخلی 36PF بین XTAL1 و GND فعال خواهد شد و دیگر نیاز به استفاده از خازن خارجی نیست. این نوسان ساز می تواند در چهار محدوده مختلف کار کند. فیوزبیت های CKSEL3:0 طبق جدول 5-1 نحوه تعیین و انتخاب این محدوده ها را نشان می دهند.

جدول 5-1 مدهای عملکرد نوسان ساز RC خارجی

CKSEL3..0	Frequency Range(MHZ)
0101	-0.9
0110	0.9- 3.0
0111	3.0- 8.0
1000	8.0-12.0

زمان Start-up توسط فیوز بیت های SUT0 و SUT1 طبق جدول 6-1 برای زمان های مختلف قابل انتخاب است.

جدول 6-1 تعیین زمان STARTUP برای استفاده از RC خارجی

SUT1..0	Start-up time from power-down and power-save	Additional Delay from Reset ( $v_{CC}=5.07$ )	Recommended usage
00	18ck	-	BOD enabled
01	18ck	4.1ms	fast rising power
10	18CK	65ms	Slowly rising power
11	6CK	4.1ms	Fast rising power Or BOD enabled

نوسان ساز RC کالیبره شده داخلی

نوسان ساز RC داخلی ، 4 فرکانس 1 و 2 و 4 و 8 مگاهرتز را در شرایط ولتاژ تغذیه 5V و درجه حرارت محیط 25 درجه سانتیگراد تولید می کند. به کمک فیوزبیت ها CKSEL3:0 می توان فرکانس مورد نظر را مطابق جدول 7-1 انتخاب نمود. همچنین فیوزبیت CKOPT نباید برنامه ریزی شود.

جدول 7-1 مد های عملکرد نوسان ساز RC کالیبره شده داخلی

CKSEL3:0	Nominal Frequency(MHZ)
0001	1.0
0010	2.0
0011	4.0
0100	8.0

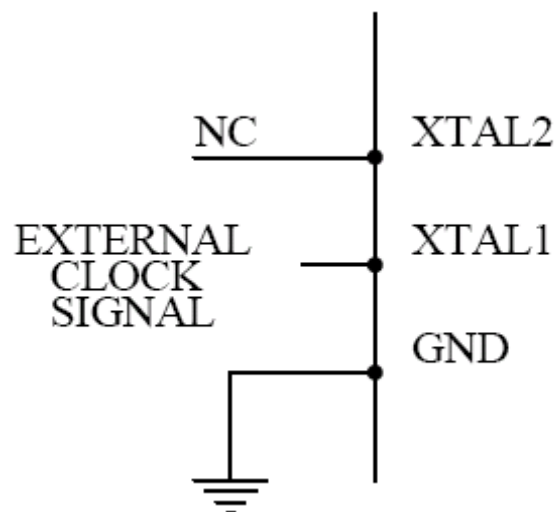
زمان Startup توسط فیزبیت های SUT0 و SUT1 مطابق جدول 8-1 انتخاب می شود. در این حالت پایه های XTAL1 و XTAL2 باید بدون اتصال باشند. جدول 8-1 تعیین زمان Startup برای استفاده از اسیلاتور کالیبره شده داخلی

SUT1..0	Start-up time from power-down	Additional Delay from Reset ( $v_{CC}=5.07$ )	Recommended usage
00	6ck	-	BOD enabled
01	6ck	4.1ms	Fast rising power
10	6ck	65ms	Slowly rising power
11	Reserved		

پالس ساعت خارجی

در صورت استفاده از پالس ساعت خارجی، مطابق شکل 5-1 پالس ساعت را به پایه XTAL1 اعمال کنید. و فیزبیت های CKSEL3:0 باید به صورت 0000H تنظیم شوند. در صورت بر نامه ریزی فیزبیت CKOPT، یک خازن داخلی 36PF بین XTAL1 و GND فعال خواهد شد.

شکل 5-1 پالس ساعت خارجی



زمان START UP توسط فیوزبیت های SUT0 و SUT1 و طبق جدول 9-1 برای زمان های مختلف قابل انتخاب است.

جدول 9-1 تعیین زمان START UP برای استفاده از پالس ساعت خارجی

SUT1..0	Start-up time from power-down	Additional Delay from Reset ( $v_{CC}=5.07$ )	Recommended usage
00	6ck	-	BOD enabled
01	6ck	4.1ms	Fast rising power
10	6ck	65ms	Slowly rising power
11	Reserved		

در حالت استفاده از پالس ساعت خارجی ، باید از تغییر ناگهانی در فرکانس به منظور جلوگیری از اختلال در عملیات پردازنده اجتناب نمود . تغییرات بیش از 2٪ از یک سیکل به سیکل بعدی ، ممکن است باعث بوجود آمدن حالت های ناخواسته شود . به همین دلیل اگر می خواهید فرکانس پالس ساعت را تغییر دهید مطمئن شوید میکروکنترلر در وضعیت Reset است.