

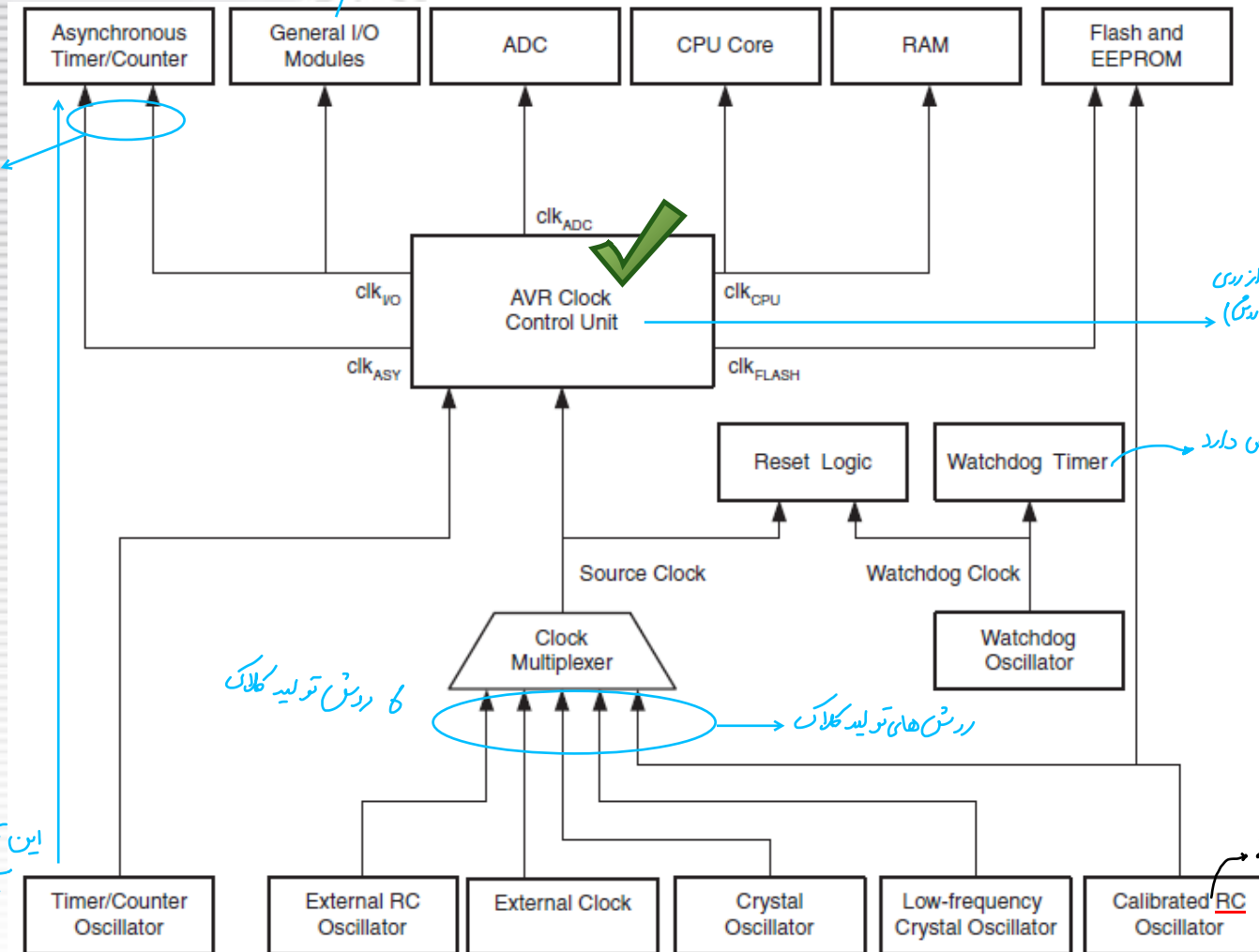


سیستم ساعت و گزینه های آن

در میکروکنترلرهای خانواده AVR

پایه های port های میکروم نیاز به کلاک دارند

سیستم ساعت و گزینه‌های آن در میکروکنترلرهای AVR



سیستم ساعت و گزینه‌های آن

- در یک زمان مشخص، نیازی به فعال بودن همه پالس‌های ساعت نمی‌باشد.
- برای کاهش مصرف توان، پالس‌های ساعتی که به ماژول‌های غیرفعال می‌روند را می‌توان به طور کامل متوقف یا توسط روش‌های مختلف مدیریت توان و حالت‌های خواب، در وضعیت خواب قرار داد.
- منابع ساعت:
 - ساعت CPU
 - ساعت ورودی/خروجی
 - ساعت فلش
 - ساعت زمان سنج ناهمگام
 - ساعت ADC

سیستم‌های ساعت و توزیع آن‌ها

ساعت CPU (clk_{CPU}):

- ساعت CPU به ماژول‌های مختلف میکروکنترلر که با هسته آن در ارتباط هستند منتقل می‌شود.
- بعضی از این ماژول‌ها عبارتند از فایل‌ثبات همه منظوره، ثبات وضعیت و اشاره‌گر پشته
- متوقف کردن ساعت CPU، هسته را از انجام عملیات و محاسبات عمومی باز می‌دارد.

سیستم‌های ساعت و توزیع آن‌ها

ساعت ورودی/خروجی‌ها ($\text{clk}_{\text{I/O}}$):

- ساعت ورودی/خروجی، توسط اغلب ماژول‌های ورودی/خروجی مانند زمان‌سنج/شمارنده، **SPI** و **USART**، **TWI** و ماژول‌های وقفه خارجی استفاده می‌شود.

- البته باید توجه داشت که برخی از وقفه‌های خارجی توسط مدارات منطقی ناهمگام موجود بر روی ورودی وقفه تشخیص داده می‌شوند که به این وقفه‌ها اجازه می‌دهد که حتی در حالت خاموش بودن ساعت ورودی/خروجی تشخیص داده شوند.

- همچنین باید توجه داشت که شناسایی آدرس در ماژول‌های TWI هنگامی که clk_{IO} متوقف باشد به صورت ناهمگام انجام می‌شود که این مهم، دریافت آدرس TWI را در تمام حالت‌های خواب میسر می‌سازد.

سیستم‌های ساعت و توزیع آن‌ها

ساعت فلش ($\text{clk}_{\text{FLASH}}$):

- ساعت فلش عملیات مربوط به واسط فلش را کنترل می‌کند. ساعت فلش معمولاً به صورت همزمان با ساعت CPU فعال است.

ساعت زمان سنج ناهمگام (clk_{ASY}):

- ساعت زمان سنج ناهمگام اجازه می‌دهد که زمان سنج/شمارنده ناهمگام به صورت مستقیم از ساعت کریستال ۳۲ کیلوهرتز خارجی استفاده کند.
- این منبع ساعت اختصاصی باعث می‌شود که بتوان از زمان سنج/شمارنده به عنوان یک شمارنده بلادرنگ، حتی زمانی که دستگاه در حالت خواب به سر می‌برد، استفاده کرد.

سیستم‌های ساعت و توزیع آن‌ها

ساعت ADC (clk_{ADC}):

- این ساعت، یک ساعت اختصاصی برای ADC است.
- این موضوع امکان توقف ساعت CPU و ساعت ورودی/خروجی به منظور کاهش نویز تولید شده توسط مدارهای رقمی را فراهم می‌نماید.
- بدین شکل عملیات تبدیل ADC صحیح‌تر انجام می‌شود.

انتخاب منابع ساعت

- میکروکنترلر می تواند از منابع ساعت مختلفی استفاده کند.
- انتخاب منبع ساعت توسط بیت های فیوز که در جدول زیر آمده انتخاب می شود.
- سیگنال ساعت از منبع انتخاب شده به مولد ساعت میکروکنترلر وارد شده و به ماژول های مناسب مسیردهی می شود.

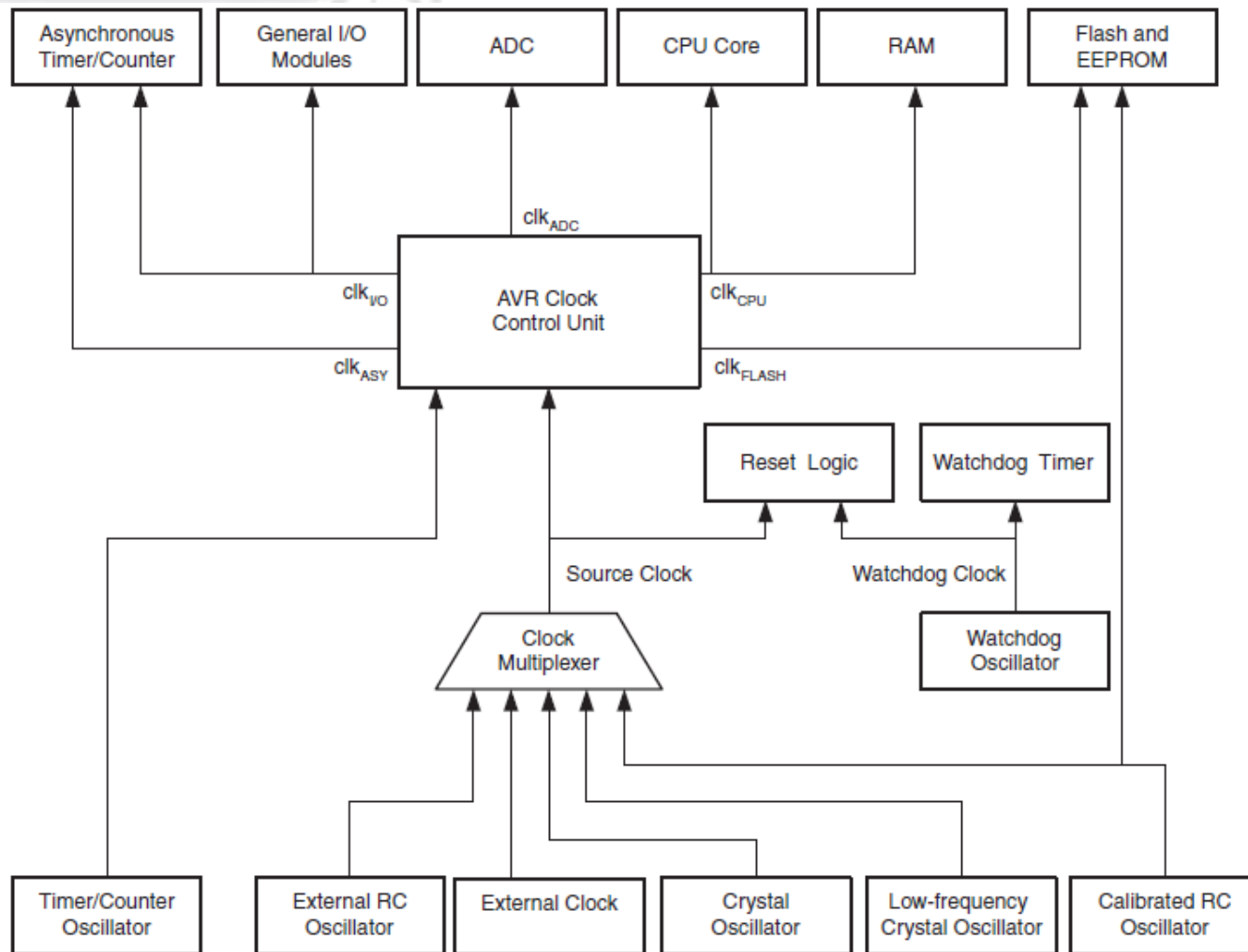
بیت های نیز مورد استفاده در تنظیمات clock

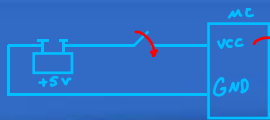
توجه: برای همه فیوزها 1 به معنی برنامه ریزی نشده و 0 به معنی برنامه ریزی شده می باشد.

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

گزینه های انتخاب ساعت میکروکنترلر

سیستم ساعت و گزینه‌های آن





ولتاژ یک منبع 5V می‌باشد

چه برای انتقال تغذیه و چه برای Reset باید time-out بگذرد
 Power down power same } موده‌های خواب: باید time-out بگذرد 2ms از خواب دربیاید

سطح آستانه V_{POT}
 Power On Threshold

منابع ساعت

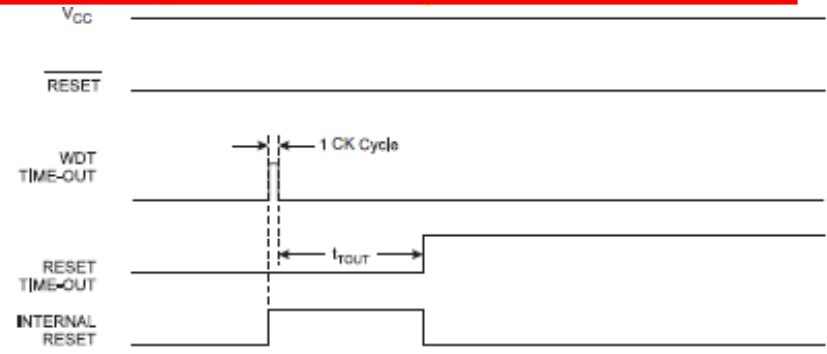
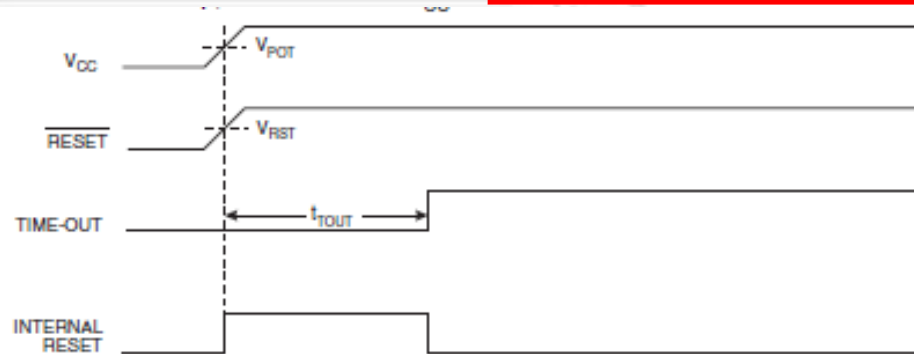


۱- هنگامی که CPU از حالت خاموش (power down) یا صرفه‌جویی توان (power save) خارج می‌شود، یک زمان **time-out** (مهلت) باید سپری شود تا پایداری عملکرد نوسان‌ساز پیش از شروع اجرای دستورالعمل‌ها تضمین شود. منبع ساعت انتخاب شده برای زمانبندی روند راه‌اندازی میکروکنترلر و تولید **time-out** فوق استفاده می‌شود.

۲- هنگامی که CPU بعد از یک بازنشانی شروع بکار می‌کند، یک **تاخیر اضافه** نیاز دارد تا ولتاژ تغذیه میکروکنترلر خاموش بعد از **start-up** و قبل از شروع عملیات عادی به یک سطح پایدار برسد (شکل سمت چپ).

۳- بعد از بازنشانی میکروکنترلر توسط **زمان‌سنج نگهبان**، نیز باید زمان **time-out** سپری شود تا پس از آن میکروکنترلر به کار عادی خود بازگردد (شکل سمت راست).

از ساعت نوسان‌ساز نگهبان برای ایجاد **تاخیر** و **time-out** در موارد ۲ و ۳ استفاده می‌شود.



منابع ساعت

- میکروکنترلر در زمان فروش به صورت پیش فرض با مقادیر بیت های فیوز زیر برنامه ریزی شده است:

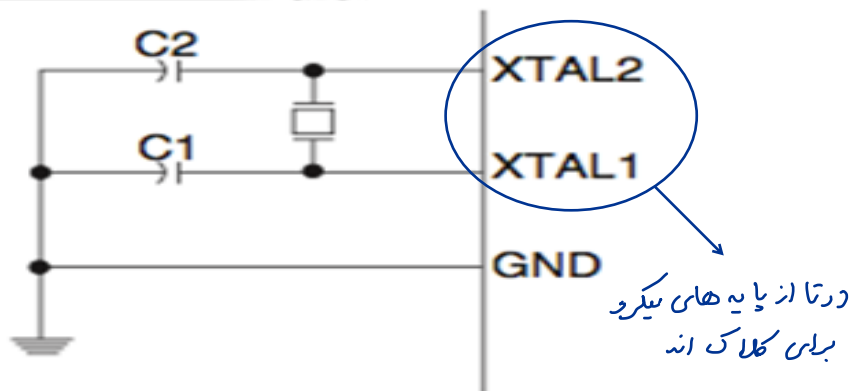
 SUT = "10" و CKSEL = "0001"

SUT: سرواژه حاصل از کلمات Start Up Time
CKSEL: از واژه های ClocK SElect گرفته شده است.

نوسان ساز کریستالی

• XTAL1 و XTAL2 به ترتیب ورودی و خروجی مدار داخلی (تقویت کننده) می باشند که می تواند به عنوان یک نوسان ساز سوار بر تراشه، نشان داده شده در شکل زیر، مورد استفاده قرار گیرد.

• می توان از یک کریستال کوارتز یا یک تشدید ساز سرامیکی استفاده نمود.



نحوه اتصال کریستال
نوسان ساز

نوسان ساز کریستالی

- فیوز CKOPT بین دو حالت برنامه ریزی شده و غیر برنامه ریزی شده برای تقویت کننده نوسان ساز یکی را انتخاب می کند.



- وقتی CKOPT برنامه ریزی شود، خروجی نوسان ساز یک نوسان کامل با افت و خیز از حداقل تا حداکثر ولتاژ خواهد داشت:
- این حالت هنگام کار در محیط های با نویز زیاد یا هنگامی که خروجی حاصل از XTAL2 یک ساعت دیگر را راه اندازی می کند مناسب می باشد.
- این حالت محدوده فرکانسی وسیعی دارد.

- وقتی که CKOPT برنامه ریزی نشود، خروجی نوسان ساز افت و خیز کمتری در دامنه خواهد داشت:
- این موضوع کاهش توان مصرفی چشم گیری را موجب خواهد شد.
- این حالت محدوده فرکانسی کوچکتری دارد

توجه: برای همه فیوزها 1 به معنی برنامه ریزی نشده و 0 به معنی برنامه ریزی شده می باشد.

نوسان ساز کریستالی

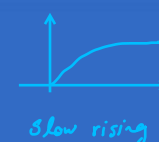
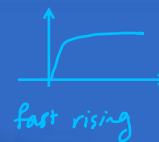
- نوسان ساز می تواند در **چند** حالت متفاوت کار کند که هر کدام برای یک محدوده فرکانسی خاص بهینه است.
- حالت کاری توسط فیوزهای **CKSEL3...1** تعیین می شود.
- فیوز **CKSEL0** به همراه فیوزهای **SUT1...0** زمان راه اندازی را مشخص می کنند.

بیت های CKSEL3...1

فرکانس های پایین

CKOPT	CKSEL3..1	Frequency Range (MHz)	Recommended Range for Capacitors C1 and C2 for Use with Crystals (pF)
1	101 ⁽¹⁾	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

توجه ۱: این گزینه تنها باید برای تشدیدسازهای سرامیکی استفاده شوند و نه برای کریستال ها



نوسان ساز کریستالی

زمان‌های start-up بعد از حالات صرفه‌جویی در توان (مثل حالات power down و power save) در حالت انتخاب ساعت نوسان ساز کریستالی

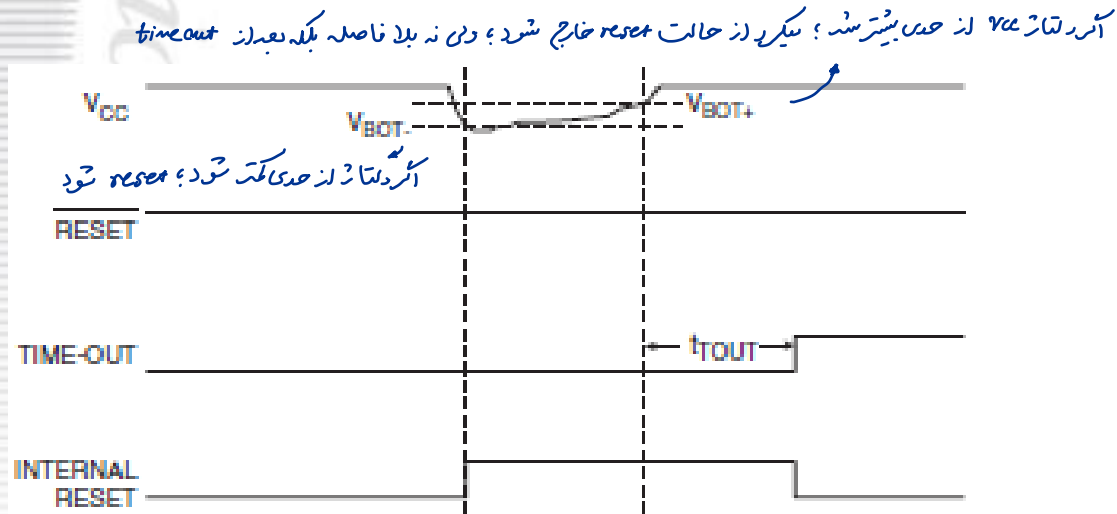
بیت منظم CKSEL0	SUT1..0	Start-up Time from Power-down and Power-save	Additional Delay from Reset ($V_{CC} = 5.0V$)	Recommended Usage
0	00	258 CK ⁽¹⁾ → ترجمه ۱	4.1 ms	Ceramic resonator, fast rising power تردد ساز
0	01	258 CK ⁽¹⁾	65 ms	Ceramic resonator, slowly rising power
0	10	1K CK ⁽²⁾ → ترجمه ۲	—	Ceramic resonator, BOD enabled
0	11	1K CK ⁽²⁾	4.1 ms	Ceramic resonator, fast rising power
1	00	1K CK ⁽²⁾	65 ms	Ceramic resonator, slowly rising power
1	01	16K CK	—	Crystal Oscillator, BOD enabled
1	10	16K CK	4.1 ms	Crystal Oscillator, fast rising power
1	11	16K CK	65 ms	Crystal Oscillator, slowly rising power

توجه: ۱. این گزینه‌ها فقط موقعی باید استفاده شوند که فرکانس ساعت نزدیک به بیشینه فرکانس کار آن نباشد و نیز پایداری فرکانس در زمان راه‌اندازی برای کاربرد مورد نظر مهم نباشد. این انتخاب‌ها برای کریستال‌ها مناسب نیستند.

توجه: ۲. این گزینه‌ها برای استفاده با تشدیدسازهای سرامیکی بوده و پایداری را در راه‌اندازی تضمین می‌کنند. آنها را می‌توان با کریستال‌هایی که در فرکانس کاری نزدیک به بیشینه فرکانس کار میکروکنترلر نوسان نمی‌کنند یا در مواردی که پایداری در راه‌اندازی مهم نباشد نیز استفاده نمود.

نوسان ساز کریستالی

زمان های start-up برای انتخاب ساعت نوسان ساز کریستالی



$$V_{BOT}^{-} = V_{BOT} - \frac{V_{HYS}}{2}$$

$$V_{BOT}^{+} = V_{BOT} + \frac{V_{HYS}}{2}$$

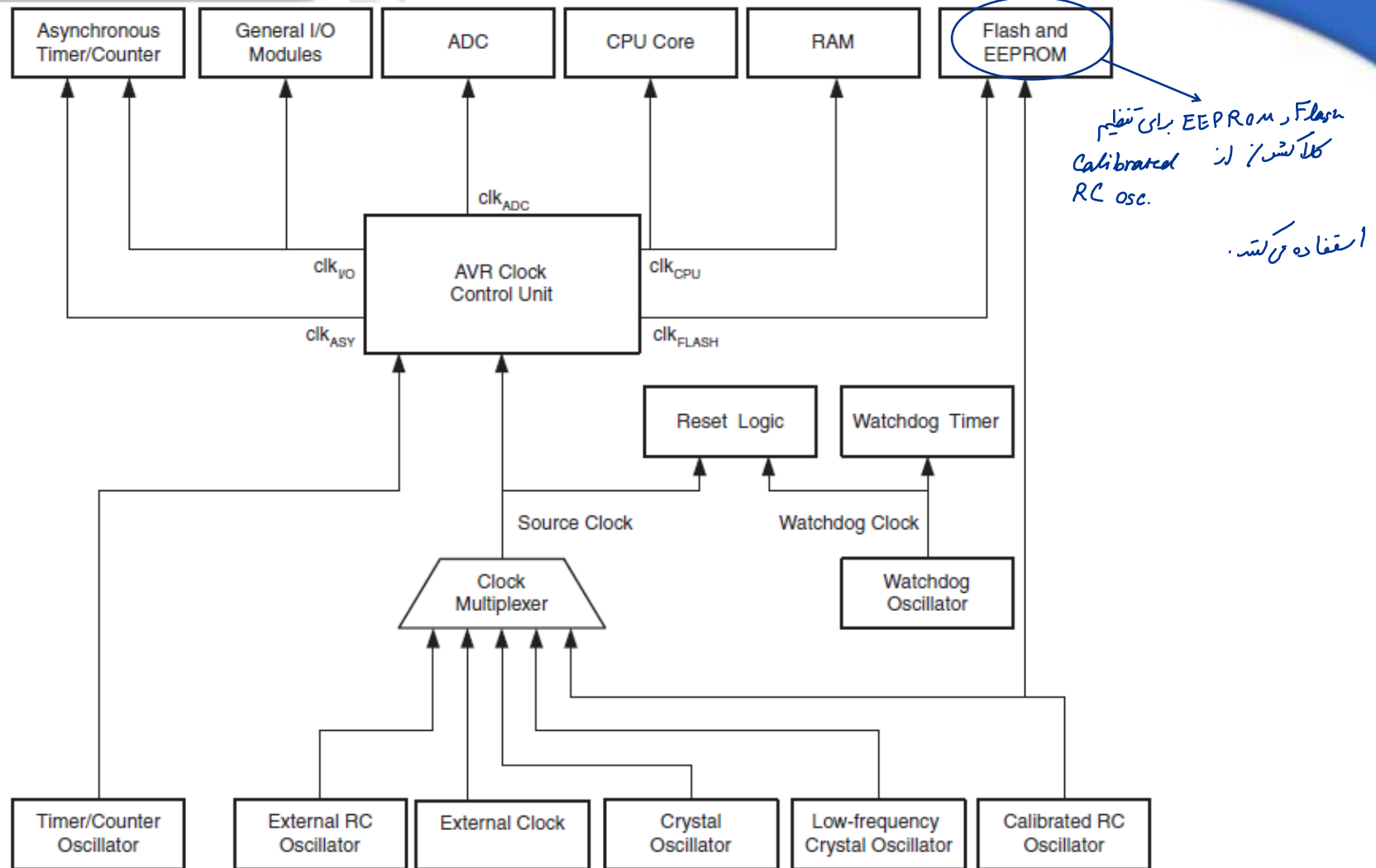
BOT: Brown out تشخیص

۲۱۵

نوسان سازهای کریستالی فرکانس پایین

- برای استفاده از یک کریستال با فرکانس ۳۲.۷۶۸ کیلوهرتز (از این کریستال در ساعت های دیجیتال استفاده می شود) به عنوان منبع ساعت میکروکنترلر، نوسان ساز کریستالی فرکانس پایین باید با تنظیم فیوزهای CKSEL به صورت 1001 انتخاب شود.
- با برنامه ریزی فیوز CKOPT، کاربر می تواند از خازن های داخلی موجود بر روی پایه های XTAL1 و XTAL2 استفاده نماید. بدین ترتیب نیاز به خازن های خارجی مرتفع می شود.
- خازن های داخلی ظرفیت نامی برابر ۳۶ پیکوفاراد دارند.

سیستم ساعت و گزینه های آن



نوسان سازهای کریستالی فرکانس پایین

زمان‌های راه‌اندازی مربوط به انتخاب ساعت نوسان ساز کریستالی فرکانس پایین

- اگر این نوسان ساز انتخاب شود، زمان مربوط به راه‌اندازی توسط فیوزهای SUT مطابق جدول زیر تعیین می‌شود.

SUT1..0	Start-up Time from Power-down and Power-save	Additional Delay from Reset ($V_{CC} = 5.0V$)	Recommended Usage
00	1K CK ⁽¹⁾	4.1 ms	Fast rising power or BOD enabled
01	1K CK ⁽¹⁾	65 ms	Slowly rising power
10	32K CK	65 ms	Stable frequency at start-up
11	Reserved		

توجه: ۱. این تنظیمات باید تنها زمانی استفاده شوند که پایداری فرکانس در زمان راه‌اندازی و آغاز کار میکروکنترلر مهم نباشد.

نوسان ساز خارجی با مدار RC

- برای برنامه‌های غیر حساس به زمانبندی که دقت ساعت برای آنها اهمیتی ندارد، می‌توان از مدار RC خارجی استفاده نمود.
- فرکانس بطور تقریبی توسط فرمول $f = 1/(3RC)$ محاسبه می‌شود. C باید حداقل ۲۲ پیکوفاراد باشد.
- با برنامه‌ریزی فیوز CKOPT، کاربر می‌تواند یک خازن داخلی ۳۶ پیکوفاراد را بین XTAL1 و GND فعال کند تا نیازی به خازن خارجی نباشد.

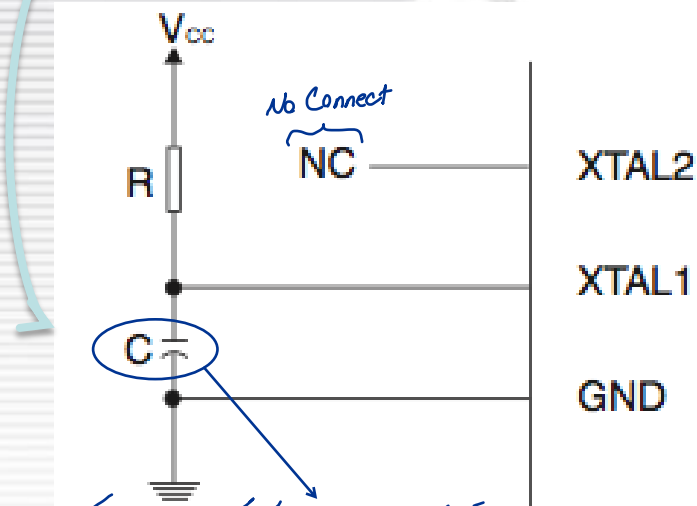
نوسان ساز خارجی با مدار RC

• نوسان ساز می تواند در ۴ حالت متفاوت کار کند که هر کدام از آنها برای یک محدوده فرکانسی خاص بهینه می باشند.

* حداکثر فرکانس ممکن در این حالت ۱۲ MHz است

• این حالت کاری توسط فیوزهای CKSEL3...0 تعیین می شود که در جدول زیر دیده می شود.

مدار RC خارجی برای تولید ساعت



CKSEL3..0	Frequency Range (MHz)
0101	$0.1 \leq 0.9$
0110	$0.9 - 3.0$
0111	$3.0 - 8.0$
1000	$8.0 - 12.0$

حالت های عملیاتی نوسان ساز RC خارجی

در ترانسیم خازن داخلی میکروکنترلر استفاده کنیم
 36pF در نقطه R را در ترانسیم تغییر دهیم

نوسان ساز خارجی با مدار RC

زمان‌های راه‌اندازی برای انتخاب ساعت نوسان ساز RC خارجی

- اگر این نوسان ساز انتخاب شود، زمان راه‌اندازی توسط فیوز SUT تعیین می‌شود.
بازمان ساز Watchdog timer ترلیر شود و مستقل از کلاک میکرو هست

SUT1..0	Start-up Time from Power-down and Power-save	Additional Delay from Reset ($V_{CC} = 5.0V$)	Recommended Usage
00	18 CK	—	BOD enabled
01	18 CK	4.1 ms	Fast rising power
10	18 CK	65 ms	Slowly rising power
11	6 CK ⁽¹⁾	4.1 ms	Fast rising power or BOD enabled

توجه ۱: در صورت کار کردن میکروکنترلر در فرکانس کاری نزدیک به بیشینه فرکانس کاری مجاز، این حالت نباید استفاده شود.

نوسان ساز RC کالیبره شده داخلی

- نوسان ساز کالیبره شده داخلی یک ساعت با فرکانس ثابت ۱، ۲، ۴ یا ۸ مگاهرتز را فراهم می سازد.
- همه فرکانس ها مقادیر نامی در شرایط ۵ ولت و ۲۵ درجه سلسیوس می باشند.
- این ساعت می تواند به عنوان ساعت سیستم، توسط برنامه ریزی فیوزهای CKSEL استفاده شود.
- در صورت انتخاب این ساعت هیچ قطعه خارجی مورد نیاز نیست.
- هنگامی که با این ساعت کار می کنیم باید فیوز CKOPT را برنامه ریزی نشده باقی بگذاریم (یعنی CKOPT=1).

نوسان ساز RC کالیبره شده داخلی

- در حال بازنشانی میکروکنترلر، سخت افزار بایت کالیبره سازی را درون ثبات OSCCAL بارگذاری می کند و بدین ترتیب نوسان ساز RC را به صورت خودکار کالیبره می کند.
- در شرایطی که تغذیه میکروکنترلر ۵ ولت است، در دمای ۲۵ درجه سلسیوس و انتخاب نوسان ساز با فرکانس های ۱، ۲، ۴ یا ۸ مگاهرتز، این نوع کالیبره کردن، فرکانسی با دقت ۰.۳٪ فرکانس نامی فراهم می کند.
- اگر این نوسان ساز به عنوان ساعت میکروکنترلر استفاده شود، نوسان ساز نگهبان همچنان برای زمان سنج نگهبان و زمان time-out ریست استفاده می شود.

نوسان ساز RC کالیبره شده داخلی

حالت‌های عملیاتی نوسان ساز RC کالیبره شده داخلی

CKSEL3..0	Nominal Frequency (MHz)
0001 ⁽¹⁾	1.0
0010	2.0
0011	4.0
0100	8.0

اگر شما بجای 4، 4.2
با رجیستر OSCCAL
در توانیم آنرا تنظیم کنیم

توجه ۱: این گزینه پیش فرض میکروکنترلر در زمان ساخت می باشد.

منابع ساعت

- میکروکنترلر در زمان فروش به صورت پیش فرض با مقادیر بیت های فیوز زیر برنامه ریزی شده است:

$$SUT = "10" \text{ و } CKSEL = "0001"$$

- بنابر این منبع ساعت پیش فرض، نوسان ساز RC درونی ۱ مگاهرتز با طولانی ترین زمان راه اندازی می باشد.

- این منبع ساعت پیش فرض تضمین می کند که همه کاربران بتوانند میکروکنترلر را با همین فرکانس ساعت ۱ مگاهرتز راه اندازی و بعداً با برنامه ریزی بیت های فیوز، هر منبع ساعت مناسب دیگری را جایگزین نمایند.

نوسان ساز RC کالیبره شده داخلی

زمان‌های راه‌اندازی مربوط به انتخاب ساعت نوسان ساز RC کالیبره شده داخلی

- هنگامی که این نوسان ساز انتخاب شود، زمان‌های راه‌اندازی به وسیله فیوزهای SUT تعیین می‌شوند.
- پایه‌های XTAL1 و XTAL2 باید به صورت متصل نشده باقی بمانند.

SUT1..0	Start-up Time from Power-down and Power-save	Additional Delay from Reset ($V_{CC} = 5.0V$)	Recommended Usage
00	6 CK	—	BOD enabled
01	6 CK	4.1 ms	Fast rising power
10 ⁽¹⁾	6 CK	65 ms	Slowly rising power
11	Reserved		

توجه: ۱. این گزینه پیش فرض میکروکنترلر در زمان ساخت می‌باشد.

ثبات کالیبراسیون نوسان ساز - OSCCAL

بیت‌های ۰ تا ۷ CAL7...0 : مقدار کالیبراسیون نوسان ساز
ثبات کالیبراسیون نوسان ساز

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
	CAL7	CAL6	CAL5	CAL4	CAL3	CAL2	CAL1	CAL0	OSCCAL
Read/Write	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	
Initial Value	Device Specific Calibration Value								

نوسان ساز RC کالبره شده داخلی

ثبات کالبراسیون نوسان ساز - OSCCAL

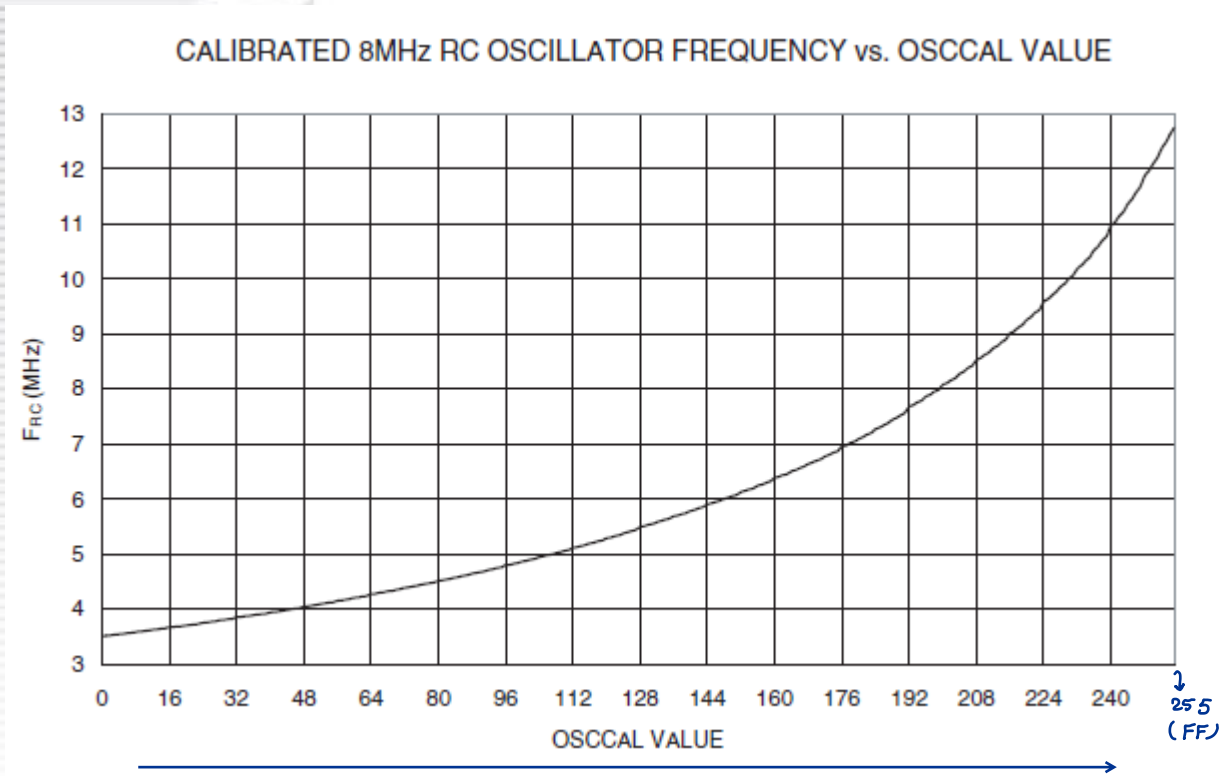
- نوشتن بایت کالبراسیون در این آدرس باعث می شود که اسیلاتور داخلی به گونه ای تنظیم شود که تا حد زیادی انحراف فرکانسی از نوسان ساز داخلی حذف شوند.
- این کار در حین بازنشانی و شروع بکار مجدد تراشه انجام می شود.
- وقتی که **OSCCAL** **صفر** شود، کمترین مقدار فرکانس ممکن انتخاب می شود.
- نوشتن مقادیر غیر صفر در این ثبات، فرکانس نوسان ساز داخلی را افزایش می دهد.
- نوشتن مقدار **\$FF** در این ثبات بیشترین مقدار فرکانس ممکن را ایجاد می کند.

نوسان ساز RC کالیبره شده داخلی

ثبات کالیبراسیون نوسان ساز - OSCCAL

فرکانس اسیلاتور RC با فرکانس 8MHz کالیبره شده، بر حسب مقدار OSCCAL

* تذکر: اگر بخواهیم از عوامل محیطی در امان باشیم باید از کلاک کریستالی استفاده کنیم



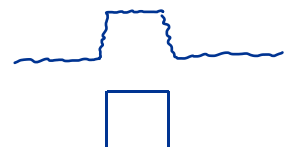
و تنی مقدار رجیستر OSCCAL به FF نزدیک می شود؛ فرکانس زیاد می شود

ساعت خارجی

- برای راه اندازی توسط یک منبع ساعت خارجی، پایه XTAL1 باید مشابه شکل زیر استفاده شود.
- برای استفاده از ساعت خارجی برای میکروکنترلر، باید فیوزهای CKSEL به صورت 0000 برنامه ریزی شوند.
- با برنامه ریزی CKOPT، کاربر می تواند یک خازن داخلی ۳۶ پیکوفاراد را بین XTAL1 و GND فعال سازد.



جبرگیری می کند از یک سری از نوبت ها:



مدار راه انداز ساعت خارجی

ساعت خارجی

زمان‌های راه‌اندازی برای انتخاب ساعت خارجی

- هنگامی که این منبع ساعت انتخاب شود، زمان راه‌اندازی توسط فیوز SUT مشابه جدول زیر تعیین خواهد شد.

SUT1..0	Start-up Time from Power-down and Power-save	Additional Delay from Reset ($V_{CC} = 5.0V$)	Recommended Usage
00	6 CK	—	BOD enabled
01	6 CK	4.1 ms	Fast rising power
10	6 CK	65 ms	Slowly rising power
11	Reserved		

ساعت خارجی

- هنگامی که یک ساعت خارجی اعمال می‌شود، لازم است که از تغییرات ناگهانی اعمال شده به فرکانس جلوگیری شود تا کارکرد پایدار میکروکنترلر تضمین شود.
- تغییر فرکانس بیش از ۲٪ از یک چرخه ساعت به چرخه ساعت بعدی می‌تواند رفتار پیش‌بینی نشده‌ای را باعث شود.
- لازم است تضمین شود که میکروکنترلر در طول این تغییرات فرکانس ساعت، در حالت بازنشانی قرار داشته باشد.

نوسان سازِ زمان سنج / شمارنده

- برای میکروکنترلرهای AVR با پایه‌های نوسان ساز زمان سنج / شمارنده (TOSC1 و TOSC2)، کریستال به صورت مستقیم بین دو پایه متصل می‌شود. نیازی به خازن‌های خارجی وجود ندارد.

- نوسان ساز برای کار با کریستال ساعت با فرکانس ۳۲.۷۶۸ کیلوهرتز بهینه شده است.

- اعمال یک ساعت خارجی به TOSC1 توصیه نمی‌شود.

- خازن‌های داخلی دارای ظرفیت ۳۶ پیکوفاراد هستند. نیاز به خازن خارجی ندارد

تذکره: اگر میکرو در حالت Sleep باشد؛ جوی پس از مدتی سطح فعال شود
↓
شمارنده