

ATmega16 دارای قسمتی برای تنظیم کلاک مورد نیاز cpu است. این قسمت در بخش فایوزبیت‌ها قرار دارد. فایوزبیت قسمتی از حافظه‌ی فلش AVR است که با قطع برق مقدار آن از بین نمی‌رود و کار اصلی آن کنترل قسمتی از سخت افزار داخلی AVR می‌باشد. فایوزبیت‌ها در هر مدل از AVR تفاوت‌هایی دارد، اما اکثر فایوزبیت‌ها بین میکروکنترلرها مشترک هستند. نمای کلی فایوزبیت‌های ATmega16 به شکل زیر است:

Low Fuse Bits	High Fuse Bits	Extend Fuse Bits	Lock Bits
1 BODLEVEL	1 OCDEN	0	1 NA
1 BODEN	0 JTAGEN	0	1 NA
1 SUT1	0 SPIEN	0	1 BLB12
0 SUT0	1 CKOPT	0	1 BLB11
0 CKSEL3	1 EESAVE	0	1 BLB02
0 CKSEL2	0 BOOTSZ1	0	1 BLB01
0 CKSEL1	0 BOOTSZ0	0	1 LB2
1 CKSEL0	1 BOOTRST	0	1 LB1

فایوزبیت‌ها از نظر مهم بودن به سه دسته‌ی فایوزبیت پایین، فایوزبیت بالا و فایوزبیت‌های پیشرفته تقسیم می‌شوند. ذکر این نکته ضروری است که **0** بودن فایوزبیت به معنای فعال بودن و **1** بودن فایوزبیت به معنای غیرفعال بودن آن است.

منابع کلاک در AVR ATmega16

برای تنظیم منابع کلاک باید از فایوزبیت‌های CKSEL0 تا CKSEL3 استفاده کرد. منابع کلاک به طور کل به پنج دسته تقسیم می‌شوند که در شکل زیر نشان داده شده است.

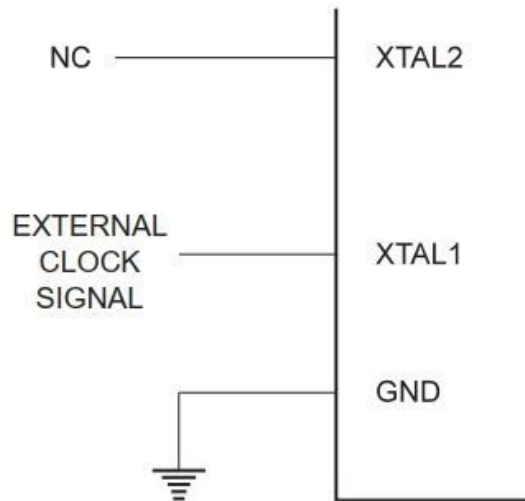
Table 2. Device Clocking Options Select⁽¹⁾

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

با تنظیم کردن فایوزبیت‌های CKSEL می‌توان هر کدام از مدهای مد نظر را انتخاب کرد.

مد کلاک خارجی (External Clock)

اولین مورد از منابع کلاک در AVR؛ مد کلاک خارجی (External Clock) هست. در صورتی که مقادیر CKSEL3 تا CKSEL0 همگی برابر 0 باشند، کلاک سیستم بر روی External Clock یا همان کلاک خارجی تنظیم می‌شود. در این حالت مطابق شکل زیر باید یک کلاک بیرونی به میکرو اعمال گردد.



میکروکنترلر دو پایه XTAL1 و XTAL2 دارد که در این مد تنها باید کلاک را به XTAL1 اعمال کرد.

مد اسیلاتور RC داخلی (Calibrated Internal RC Oscillator)

دومین مورد از منابع کلاک در AVR، اسیلاتور RC داخلی (Calibrated Internal RC Oscillator) می‌باشد. در صورتی که مقدار CKSEL بین 0001 تا 0100 انتخاب شود، اسیلاتور RC داخلی میکرو راه اندازی شده و کلاک به صورت داخلی تأمین می‌شود. این مد 4 حالت متفاوت دارد که در جدول زیر آورده‌ایم.

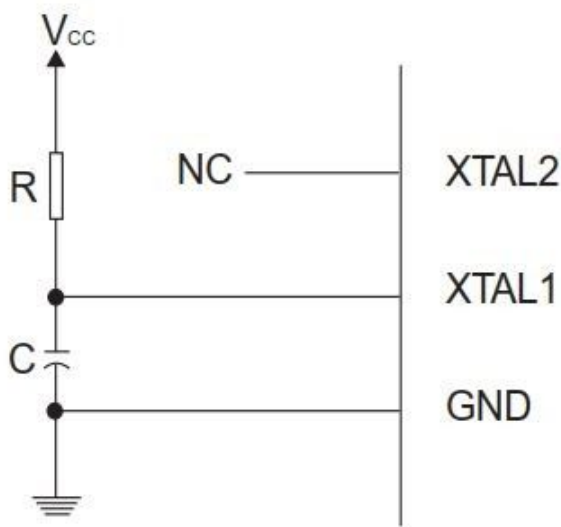
Table 9. Internal Calibrated RC Oscillator Operating Modes

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

اگر CKSEL برابر 0001 شود کلاک سیستم روی 1MHz و اگر 0100 انتخاب شود، کلاک بر روی 8MHz قرار می‌گیرد. در این مد به هیچ قطعه‌ای خارجی احتیاج نیست و کلاک به صورت داخلی تولید می‌شود. همین موضوع سبب شده که کلاک تولیدی دقیق نباشد و ما را به استفاده از دیگر روش‌ها تعقیب کند. در حالت پیش‌فرض مقدار CKSEL برابر 0001 بوده و میکرو با فرکانس 1 مگاهرتز کار می‌کند.

مد اسیلاتور RC خارجی (External RC Oscillator)

سومین مورد از منابع کلاک در AVR، اسیلاتور RC خارجی (External RC Oscillator) می‌باشد. اگر بخواهیم فرکانس میکرو دقیقاً آن چیزی باشد که ما می‌خواهیم، باید از مدار RC خارجی استفاده کرد و فیوزبیت‌ها را در آن مد قرار داد. نحوه‌ی اتصال خازن و مقاومت به میکرو مطابق شکل زیر می‌باشد.



خازن و مقاومت تشکیل یک مدار RC می‌دهند که تولید فرکانس می‌کند. مقدار این فرکانس از رابطه زیر به دست می‌آید.

$$f = \frac{1}{3RC}$$

در رابطه فوق R بر حسب اهم و C بر حسب فاراد در نظر گرفته می‌شود. دو نکته باید رعایت شود: اول اینکه مقدار خازن باید در حد پیکو فاراد انتخاب شود و حداقل باید 22 پیکو فاراد باشد. دوم اینکه بعد از مشخص شدن R و C و اتصال آن به میکرو باید CKSEL را بصورت زیر تنظیم کرد.

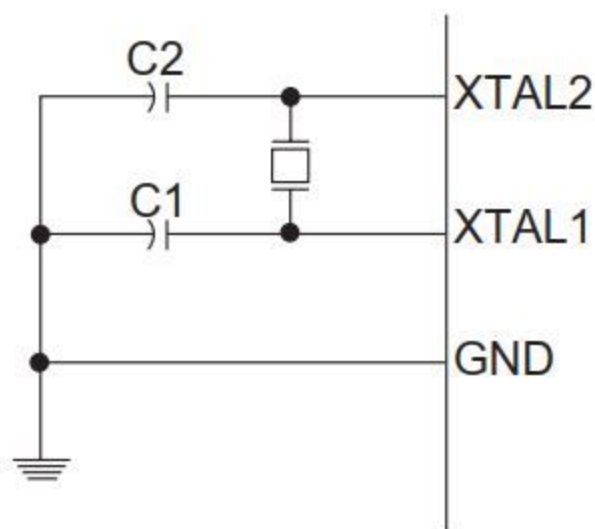
Table 7. External RC Oscillator Operating Modes

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

در حالت اسیلاتور RC خارجی چهار حالت امکان‌پذیر است که باید مطابق فرکانس نویسان مدار RC انتخاب شوند. به عنوان مثال اگر خازن برابر 36 پیکو فاراد و مقاومت 1 کیلو اهم باشد، با استفاده از فرمول، فرکانس تقریباً 9.259 مگاهرتز به دست می‌آید. بنابراین باید CKSEL را برابر 1000 قرار داد تا فرکانس تولیدی در محدوده آن قرار گیرد.

مد کریستال خارجی (External Crystal)

در بخش تایمرها، ما به کلاکی احتیاج داریم که از دقت بسیار بالایی برخوردار باشد؛ در نتیجه نیاز است از کریستال خارجی (External Crystal) استفاده کنیم. به عنوان مثال اگر منبع کلاک بصورت RC داخلی انتخاب شود و روی 8 مگاهرتز تنظیم شده باشد، در واقع دقیقاً 8 مگ نیست؛ بلکه به دمای محیط و پارامترهای دیگری مثل ولتاژ تغذیه وابسته است. طبق تجربه، این مقدار بین 7.6 تا 8.5 مگاهرتز تغییر می‌کند. اما اگر بخواهیم کلاک مورد نظرمان از پایداری و دقت زیادی برخوردار باشد باید از کریستال خارجی استفاده کرد و آن را به صورت شکل زیر، به میکرو متصل نمود.



علاوه بر کریستال، بهتر است دو خازن C1 و C2 هم اضافه شوند تا در محیط‌های نویزی فرکانس تولیدی پایدار بماند. در نهایت باید فیوز بیت‌های CKSEL را به صورت زیر برنامه‌ریزی نمود.

Table 4. Crystal Oscillator Operating Modes

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	$1.0 \leq$	12 - 22

در جدول فوق تنها فیوزبیت‌های CKSEL1 تا CKSEL3 اهمیت دارند و CKSEL0 تاثیری در انتخاب مُد ندارد. به عنوان مثال اگر از کریستال 4 مگاهرتز استفاده کنیم باید مقدار CKSEL برابر 1110 یا 1111 شود و یا اگر کریستال 2 مگاهرتز استفاده کنیم باید CKSEL را 1100 یا 1101 قرار دهیم.

فیوزبیت دیگری به نام CKOPT وجود دارد که پروگرام کردن آن (یعنی 0 کردن آن) باعث قرارگیری یک خازن داخلی 36 پیکو فاراد بین پایه‌های XTAL1 و XTAL2 می‌شود. در صورتی که این فیوزبیت فعال شود، باید فرکانس کریستال خارجی کمتر از 1 مگاهرتز انتخاب گردد.

مد کریستال خارجی فرکانس پایین (External low-Frequency Crystal)

در صورتی که CKSEL برابر 1001 شود، باید از کریستال فرکانس پایین 32.768KHz استفاده کرد. این کریستال که به عنوان آخرین مورد از منابع کلاک در AVR در مورد آن صحبت خواهیم کرد، به کریستال ساعت معروف است و خیلی کم پیش می‌آید که فرکانس کاری میکروکنترلر تا این حد پایین انتخاب شود. البته در بخش مربوط به تایمرکانتر 2 ما از این کریستال برای تولید پالس ساعت استفاده می‌کنیم.