



به نام خدا

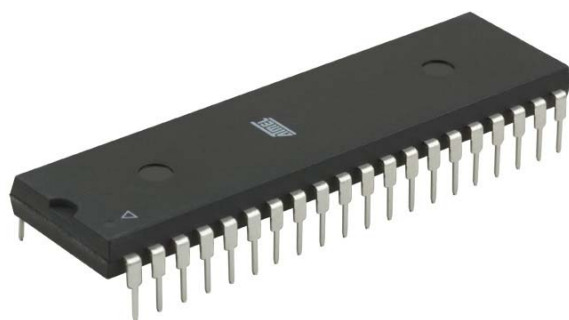
## میکروکنترلر

نگاهی به میکروکنترلرهای AVR و

مقدمه‌ای بر برنامه‌نویسی آن

### مقدمه:

امروزه بحث کنترل در صنعت و کاربردهای مهندسی امری اجتناب‌ناپذیر است. کنترل خود به انواع مختلفی تقسیم می‌شوند و بسته به انواع آن از ابزارهای گوناگونی جهت انجام آن استفاده می‌گردد. در کارهای خیلی سنگین از PLC ها و کامپیوترها استفاده می‌شود. ولی در کارهای کوچک و سبک استفاده از آن‌ها مقرون به صرفه و اقتصادی نیست. همچنین استفاده از مدارهای دیجیتال (گیت‌های منطقی و ...) به تنهایی ممکن است حجم زیادی اشغال کرده و نیز در آینده به سادگی قابل تغییر نباشد. حتی در صورت بروز اشکال، عیب‌یابی آن بسیار دشوار است. از این رو مهندسان کم‌کم به فکر ایجاد قطعه‌ای شدند که کار کامپیوترها را در مقیاس کوچکتر انجام دهد، که نتیجه‌ی تلاش‌های آن‌ها، ابداع قطعه‌ای به نام میکروکنترلر (که خود متشکل از مدارهای مجتمع است)، بود.





میکروکنترلر قادر است با استفاده از حافظه‌ای که در خود دارد، برنامه‌هایی را که توسط کامپیوتر نوشته می‌شود، در خود ذخیره و با پروسور داخلی خود آن‌ها را پردازش کند. همچنین قابلیت دریافت و ارسال اطلاعات توسط درگاه‌های میکروکنترلر، ارتباط آن را با محیط بیرون (سنسورها و عملگرها) امکان‌پذیر می‌سازد. امروزه به طور کلی برنامه‌ریزی این قطعه بسیار ساده بوده و با توجه به مقیاس کوچک آن می‌توان کارهای کنترلی نسبتاً زیادی را انجام داد. در نهایت هزینه‌ی کلی سخت‌افزاری آن کم و نیز کار با آن راحت بوده و در کل سرعت و کیفیت کار افزایش می‌یابد.

## دسته‌بندی میکروکنترل‌های AVR:

برخی از خانواده‌های میکروکنترلر عبارتند از AVR، 8510، AVR و Pic:

### خانواده 8051:

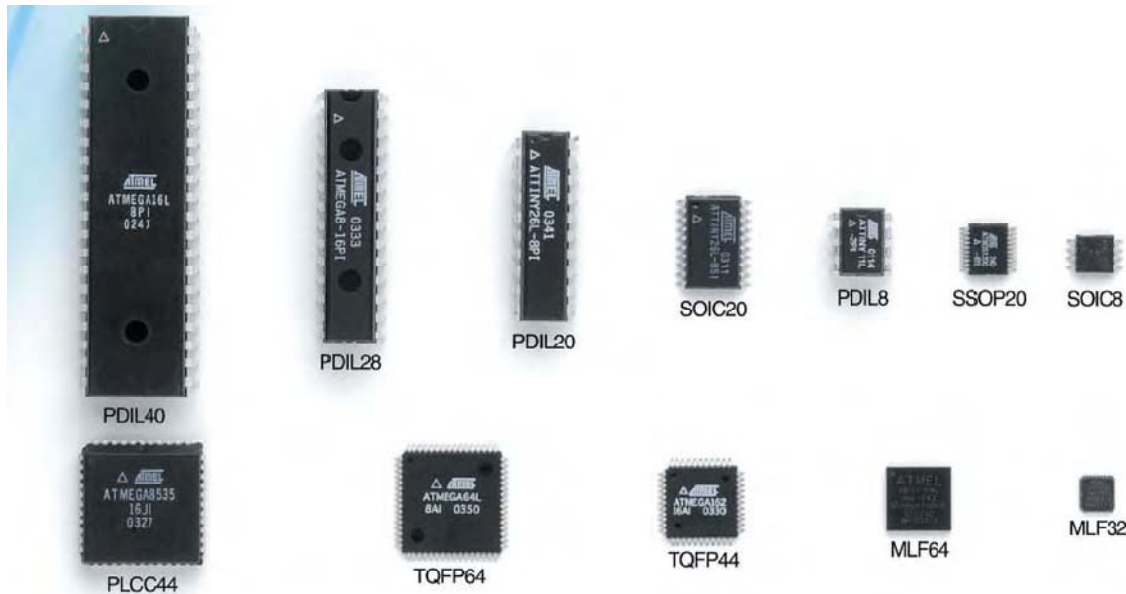
این خانواده از میکروکنترلرها جزو اولین نوع میکروکنترلرهایی بود که رایج شد و جزو پیشکسوتان مطرح می‌شود. معروفترین کامپایلر برای این نوع میکرو keil یا franklin می‌باشد میکروهای این خانواده به نوسان‌ساز نیازمند هستند و درمقابل خانواده pic یا AVR از امکانات کمتری برخوردار می‌باشد معروفترین آی‌سی‌ها این خانواده 89S51 یا 89C51 می‌باشد.

### خانواده AVR:

این خانواده از میکروکنترلرها تمامی امکانات 8051 را دارا می‌باشد و امکاناتی چون ADC (مبدل آنالوگ به دیجیتال)، نوسان‌ساز داخلی و قدرت و سرعت بیشتر و EEPROM از جمله مزایای این خانواده می‌باشد مهم‌ترین آی‌سی این خانواده Tiny و Mega است.

میکروکنترلرهای AVR به چند دسته تقسیم می‌شوند؛ برخی از آن‌ها عبارتند از:

- Tiny AVR
- AVR (Classic AVR)
- Mega AVR
- و ...



تفاوت بین این سه نوع به امکانات موجود در آنها مربوط میشود. Tiny AVR ها غالباً تراشه‌هایی با تعداد پین و مجموعه دستورات کمتری نسبت به Mega AVR ها می باشند و به عبارتی حداقل امکانات را دارند. Mega AVR حداکثر امکانات را داشته و AVR (Classic AVR) در بین این دو قرار می‌گیرند. تمام تراشه‌ها-ی AVR مجموعه دستورات و ساختار حافظه‌ی مشابهی دارند و از این رو تغییر از یک تراشه به تراشه‌ی دیگر کاری بسیار ساده است.

### خانواده Pic :

این خانواده از نظر امکانات مانند AVR میباشد و در کل صنعتی تر است .

### امکانات کلی یک AVR در یک نگاه:

- در حدود ۱۳۱ دستور که اکثر آن‌ها در یک سیکل ساعت<sup>۱</sup> اجرا می‌شوند
- ۳۲ رجیستر ۸ بیتی همه منظوره
- ضرب‌کننده‌ی سخت‌افزاری با زمان اجرای دو سیکل ساعت
- دارای سه نوع حافظه‌ی FLASH (برای کدهای برنامه)، EEPROM، SRAM

<sup>1</sup> Clock



- برنامه‌ریزی تراشه در داخل مدار مورد نظر بدون احتیاج به Programmer (ISP)<sup>۱</sup>
- حفاظت از کدهای برنامه در مقابل خواندن
- شمارنده و تایمر ۸ بیتی و ۱۶ بیتی
- RTC<sup>۲</sup> با نوسانگر جداگانه
- کانال‌های PWM (استفاده از تایمرها به صورت ۸ بیتی و ۱۶ بیتی برای تولید PWM)
- ADC<sup>۳</sup> های ۱۰ بیتی با یک ورودی و یا ورودی تفاضلی با بهره‌ی قابل تنظیم ۱، ۱۰، ۲۰۰
- ارتباط سریال<sup>۴</sup> USART، با قابلیت برنامه‌ریزی
- مقایسه کننده آنالوگ با امکان تعریف وقفه برای آن
- RESET شدن در زمان اتصال به برق<sup>۵</sup>
- منابع وقفه داخلی و خارجی
- کار با ولتاژهای ۴/۵ تا ۵/۵ ولت در مدل‌های بدون پسوند L، مثل ATmega32، و ۲/۷ تا ۵/۵ ولت در مدل‌های با پسوند L مثل ATmega32 (L)
- و ...

## ساختار کلی میکروکنترلرها:

به طور کلی یک میکروکنترلر از اجزای زیر تشکیل شده است:

۱. CPU (شامل ALU)
۲. RAM
۳. ROM (و یا EEPROM)
۴. Data Bus
۵. Address Bus
۶. Control Bus
۷. I/O Ports (Hard Disk, Printer, ...)

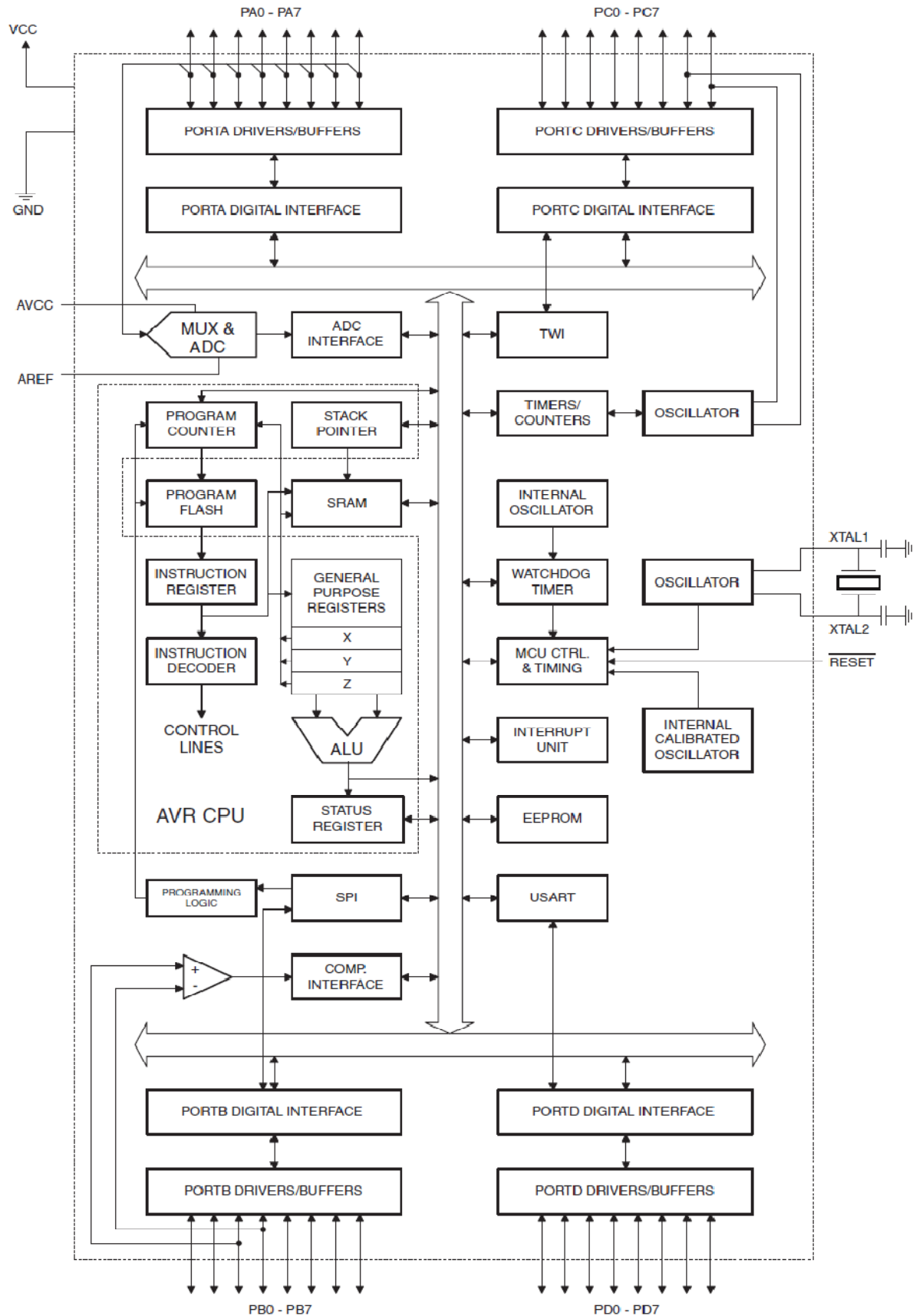
<sup>1</sup> In System Programming

<sup>2</sup> Real Time Clock

<sup>3</sup> Analog to Digital Converter

<sup>4</sup> Universal Synchronous and Asynchronous serial Receiver and Transmitter

<sup>5</sup> Power On Reset





در اینجا بیان جزئیات معماری داخلی میکروکنترلر مورد نظر ما نبوده و فقط می‌خواهیم به صورت اجمالی چگونگی استفاده از آن را بررسی کنیم.

## استفاده از برگه‌ی اطلاعات (Data Sheet) میکروکنترلرها:

برگ‌های اطلاعاتی، مجموعه‌ای از اطلاعات کامل و حرفه‌ای می‌باشند و شما می‌توانید در زمانی که نسبت به عملکرد امکانات AVR و یا وسایل جانبی مطمئن نیستید از آن‌ها به عنوان مرجع استفاده کنید. برای سهولت در استفاده از برگه‌های اطلاعاتی مربوط به یکی از انواع AVR می‌توان آن را به قسمت‌های زیر تقسیم کرد:

۱. اولین صفحه شامل اطلاعات کلیدی و لیست امکانات میکروکنترلر
۲. خلاصه‌ای از ساختار AVR
۳. توضیح وسایل جانبی
۴. برنامه‌ریزی حافظه
۵. مشخصات الکتریکی
۶. خلاصه رجیسترها
۷. خلاصه مجموعه دستورات
۸. اطلاعات مربوط به ابعاد و شکل ظاهری میکروکنترلر

## فیوز بیت:

فیوزبیت‌ها قسمتی از حافظه‌ی میکروکنترلر AVR هستند که امکاناتی را در اختیار کاربر قرار می‌دهند و با پاک شدن میکرو مقدار آن‌ها تغییر نمی‌کند. یک به معنی غیرفعال بودن و صفر به معنی فعال نمودن هر بیت می‌باشد. جدول برخی<sup>۱</sup> از فیوزبیت‌های ATMega32 که در برگه اطلاعات آورده شده را می‌توانید در زیر مشاهده کنید<sup>۲</sup>:

<sup>۱</sup> ادامه اطلاعات مربوط به Fuse bit ها (Fuse Low Byte) در صفحه ۲۶۷ (Table 26-4) آورده شده است.

<sup>۲</sup> عملکرد هر کدام به سادگی مشخص شده (معمولا فعال یا غیر فعال کردن یک عملکرد میکروکنترلر).



Fuse High Byte	Bit No.	Description	Default Value
OCDEN <sup>(4)</sup>	7	Enable OCD	1 (unprogrammed, OCD disabled)
JTAGEN <sup>(5)</sup>	6	Enable JTAG	0 (programmed, JTAG enabled)
SPIEN <sup>(1)</sup>	5	Enable SPI Serial Program and Data Downloading	0 (programmed, SPI prog. enabled)
CKOPT <sup>(2)</sup>	4	Oscillator options	1 (unprogrammed)
EESAVE	3	EEPROM memory is preserved through the Chip Erase	1 (unprogrammed, EEPROM not preserved)
BOOTSZ1	2	Select Boot Size (see Table 100 for details)	0 (programmed) <sup>(3)</sup>
BOOTSZ0	1	Select Boot Size (see Table 100 for details)	0 (programmed) <sup>(3)</sup>
BOOTRST	0	Select reset vector	1 (unprogrammed)

## عملکرد پایه‌های میکروکنترلر ATmega32:

با توجه به اینکه انواع مختلف میکروکنترلرها عملکرد گوناگونی دارند، در نتیجه ساختار و شکل ظاهری آنها نیز با یکدیگر متفاوت می‌باشد؛ در اینجا تنها به طور اجمالی میکروکنترلر ATmega32 و عملکرد پایه‌های آن را بررسی می‌کنیم:



PDIP

(XCK/T0) PB0	□	1	40	□	PA0 (ADC0)
(T1) PB1	□	2	39	□	PA1 (ADC1)
(INT2/AIN0) PB2	□	3	38	□	PA2 (ADC2)
(OC0/AIN1) PB3	□	4	37	□	PA3 (ADC3)
( $\overline{SS}$ ) PB4	□	5	36	□	PA4 (ADC4)
(MOSI) PB5	□	6	35	□	PA5 (ADC5)
(MISO) PB6	□	7	34	□	PA6 (ADC6)
(SCK) PB7	□	8	33	□	PA7 (ADC7)
$\overline{RESET}$	□	9	32	□	AREF
VCC	□	10	31	□	GND
GND	□	11	30	□	AVCC
XTAL2	□	12	29	□	PC7 (TOSC2)
XTAL1	□	13	28	□	PC6 (TOSC1)
(RXD) PD0	□	14	27	□	PC5 (TDI)
(TXD) PD1	□	15	26	□	PC4 (TDO)
(INT0) PD2	□	16	25	□	PC3 (TMS)
(INT1) PD3	□	17	24	□	PC2 (TCK)
(OC1B) PD4	□	18	23	□	PC1 (SDA)
(OC1A) PD5	□	19	22	□	PC0 (SCL)
(ICP) PD6	□	20	21	□	PD7 (OC2)

VCC (پایه‌های ۱۰ و ۳۱): منبع تغذیه‌ی ولتاژ

GND (پایه ۱۱): زمین

Port A (PA0...PA7) (پایه‌های ۳۳ تا ۴۰):

- اتصال ورودی ۸ بیتی دیجیتال جهت دریافت و ارسال اطلاعات دیجیتال





- اتصال مستقیم ورودی‌های آنالوگ به میکروکنترلر، جهت ارتباط با مبدل آنالوگ به دیجیتال<sup>۱</sup> داخلی (پس به طور کلی با واسطه<sup>۲</sup>های دیجیتال و ADC کار می‌کند)

### Port B (PB0...PB7) (پایه‌های ۱ تا ۸):

- اتصال ورودی ۸ بیتی دیجیتال جهت دریافت و ارسال اطلاعات دیجیتال
- بعلاوه این پایه‌ها با انجام یک سری تنظیمات<sup>۳</sup> اعمال زیر را هم انجام می‌دهند (ارتباط با واسطه‌ی SPI)
  - PB0, PB1 (پایه‌های ۱ و ۲): از هر دو پایه، می‌توان به عنوان تایمر و یا شمارنده استفاده کرد
  - PB2, PB3 (پایه‌های ۳ و ۴): ورودی‌های مثبت و منفی مقایسه‌کننده‌ی آنالوگ موجود در داخل میکروکنترلر
  - PB4, PB5 و PB6 (پایه‌ی ۵، ۶ و ۷): جهت ارتباط سریال با میکروکنترلر که به ترتیب SS<sup>۴</sup>، MOSI<sup>۵</sup> و MISO<sup>۶</sup> نامیده می‌شوند که هرکدام استانداردهایی (و ارجحیت‌هایی نسبت به یکدیگر) جهت دریافت و ارسال اطلاعات دارند، جهت حرکت اطلاعات در این پایه‌ها (دریافت یا ارسال) قابل تنظیم می‌باشد<sup>۷</sup>. (توجه شود پایه‌ی PB4 از نوع Active Low می‌باشد)
  - PB7 (پایه‌ی ۸): خروجی اصلی ساعت<sup>۸</sup> (نوسانگر) و یا ورودی فرعی آن می‌باشد، که همانند قبل قابل تنظیم است.

### Port C (PC0...PC7) (پایه‌های ۲۲ تا ۲۹):

- اتصال ورودی ۸ بیتی دیجیتال جهت دریافت و ارسال اطلاعات دیجیتال
- سایر عملکردهای پایه‌های این Port عبارتند از (به طور کلی برای تطابق با استانداردهای دیگر [TWI]<sup>۹</sup>):

○ PC0 (پایه‌ی ۲۲): Clock مطابق با واسطه‌ی TWI

<sup>1</sup> AD Converter

<sup>2</sup> Interface

<sup>۳</sup> به طور کلی یک میکروکنترلر از Registerهایی تشکیل شده است که این تنظیمات را با آن‌ها به ثبت می‌رسانیم.

<sup>4</sup> Slave Select input

<sup>5</sup> Master data Output, Slave data Input

<sup>6</sup> Master data Input, Slave data Output

<sup>۷</sup> در صفحات ۵۹ تا ۶۱ برگه اطلاعات ATMega32 روش انجام این تنظیمات آورده شده است.

<sup>8</sup> Clock

<sup>9</sup> Two-wire Serial Interface



- PC1 (پایه‌ی ۲۳): انتقال سریال اطلاعات با واسطه‌ی TWI
- PC2 تا PC5 (پایه‌های ۲۴ تا ۲۷): مربوط به برخی عملیات تست در واسطه‌ی JTAG<sup>۱</sup>
- PC6, PC7 (پایه‌های ۲۸ و ۲۹): نوسان‌ساز (تایمر یا شمارنده)

### Port C (PD0...PD7) (پایه‌های ۱۴ تا ۲۰):

- اتصال ورودی ۸ بیتی دیجیتال جهت دریافت و ارسال اطلاعات دیجیتال
- قابلیت ارتباط با استفاده از استاندارد RS232
- بعلاوه پایه‌های PD5 تا PD7 (پایه‌های ۱۹ تا ۲۱) عملکردهای درخواست (ایجاد) و احساس وقفه<sup>۲</sup> را هم دارا می‌باشند. و یا به عنوان Flag وقفه<sup>۳</sup> (Flag وضعیت رخ دادن وقفه را مشخص می‌کند). پایه‌های های دیگر Port D هم کلا همان نقش ISC (Interrupt Sense Control) را دارند. (به طور کلی برای تطابق با واسطه‌ی USART)

**RESET (پایه‌ی ۹):** جهت راه‌اندازی مجدد (توجه شود این پایه از نوع Active Low می‌باشد و تنها با سیگنال‌هایی که از طول خاصی بلندتر باشد عمل کرده و تضمینی جهت RESET کردن، با سیگنال‌های ورودی با طول کمتر از حدی<sup>۴</sup> نمی‌کند).

**XTAL1 (پایه‌ی ۱۲):** ورودی نوسان‌ساز معکوس‌کننده<sup>۵</sup> و Clock درونی مدار با فرکانس حدود 12MHz تا 16MHz

**XTAL2 (پایه‌ی ۱۳):** خروجی نوسان‌ساز معکوس‌کننده با فرکانس حدود 12MHz تا 16MHz

**AVCC (پایه‌ی ۳۰):** منبع ولتاژ برای مبدل آنالوگ به دیجیتال (A/D Converter) و PORT A (ولتاژ این پایه باید بتواند سطح ولتاژ AREF در ADC<sup>۶</sup> را فراهم کند)

<sup>۱</sup> JTAG نیز نوعی واسطه می‌باشد؛ به طور مثال برخی واسطه‌های دیگر عبارتند از: SPI, Parallel (که پایه‌های ۵ تا ۷ هم بر اساس همین واسطه کار می‌می‌کنند) ، و...

<sup>۲</sup> Interrupt [Sense Control (ISC)]

<sup>۳</sup> Interrupt Flag (INTF)

<sup>۴</sup> در صفحات ۳۸ تا ۴۱ برگه اطلاعات ATMega32 این حدود (و تنظیمات دقیق‌تر مربوطه) آورده شده است.

<sup>۵</sup> Inverting Oscillator

<sup>۶</sup> Analog to Digital Converter



**GND** (پایه ی ۳۱): زمین برای مبدل ADC

**AREF** (پایه ی ۳۲): ولتاژ مرجع برای مبدل آنالوگ به دیجیتال

برخی از منابع (حاوی مثال ها و برگه اطلاعات):

[http://edl.isiran-net.com/portal/portal/components/com\\_joomlib/ebooks/AVR.pdf](http://edl.isiran-net.com/portal/portal/components/com_joomlib/ebooks/AVR.pdf)

<http://www.atmel.com/>

[http://www.atmel.com/dyn/products/datasheets.asp?family\\_id=607](http://www.atmel.com/dyn/products/datasheets.asp?family_id=607)

[http://www.atmel.com/dyn/resources/prod\\_documents/doc8155.pdf](http://www.atmel.com/dyn/resources/prod_documents/doc8155.pdf)

<http://www.ieee-sb.org/download/electronic/avr&codevision.pdf>