

میکروکنترلرهای XMEGA

نوشته: اوژن کی نژاد

(مجموعه مطالب زیر، بازنویسی از مطالبی است که در ابتدا در سایت های ECA.ir و Novintarashe.com قرار داده شده است و در بسیاری از وبسایت ها قرار گرفته است).

مقدمه:

XMEGA سری جدید خانواده AVR است که توسط شرکت Atmel عرضه شده است و در عین سازگاری کامل از نظر کدنویسی، دارای توانایی و امکانات بسیار بیشتری نسبت به گروه های 90S، Tiny و Mega می باشد. وجه مشخصه اصلی این خانواده در چند مورد خلاصه می شود:

۱- سرعت بالاتر در انجام عملیات که در درجه اول ناشی از حداکثر کلاک قابل اعمال به CPU و سخت افزارهای جانبی است. فرکانس کلاک در این خانواده حداقل 32MHz است که در عمل با Overclock به مقادیر بیشتری هم می توان رسید. عامل دوم وجود امکاناتی مانند Event system و DMA است که راندمان نرم افزار را در یک کلاک برابر به میزان قابل توجهی افزایش می دهند و سبب کاهش بار CPU برای انجام بسیاری از عملیات می شوند.

۲- سخت افزارهای جانبی بسیار غنی مانند درگاه USB (در سری جدید AU)، کنترل کننده LCD (در سری جدید B)، ۸ عدد USART، ۴ عدد TWI، ۴ عدد SPI، ADC و DAC با دقت ۱۲ بیت، واحد های رمزنگاری AES و DES، مقایسه کننده های آنالوگ، امکان اتصال به SDRAM خارجی، ۸ عدد تایمر ۱۶ بیتی با ۲۴ خروجی PWM و موارد دیگری که برای این خانواده اهمیت خاصی را ایجاد کرده است.

۳- مصرف توان بسیار پائین که استفاده از XMEGA را در کاربردهایی که مصرف توان در آن مهم است، کاملا توجیه پذیر می کند. در یکی از شماره های این خانواده امکان اتصال یک Battery backup خارجی وجود دارد و با قطع تغذیه واحد RTC32 داخلی همچنان به عملیات زمانگیری خود ادامه می دهد.

بنابراین با توجه به این مزیت ها و شباهت هایی که در عملکرد XMEGA با خانواده های قبلی وجود دارد، بسط و گسترش اطلاعات این میکروکنترلر جدید از اهمیت خاصی برخوردار می باشد.

خانواده XMEGA تا این زمان در ۴ سری کلی A و D و AU و B عرضه شده اند که دو گروه آخر هنوز بصورت کامل وارد بازار نشده اند و دارای امکانات جدیدی مانند پورت USB و کنترل کننده LCD هستند. بنابراین توضیحات این مقاله بر مبنای سری های A و D ارائه شده است و بعد از دسترسی به خانواده های جدیدتر، توضیحات تکمیلی در این باره ارائه خواهد شد. سه زیر گروه A1 و A3 و A4 برای سری A و دو زیرگروه D3 و D4 برای سری D وجود دارند. به طور کلی امکانات سری A از سری D قوی تر است و در هر گروه هم شماره های با عدد انتهایی کوچکتر دارای امکانات بیشتری هستند. در متن شماره هر IC مانند سری های Mega، مقدار Flash آن شماره ذکر می شود. در ابتدای معرفی این میکروکنترلر برخی شماره ها از طرف شرکت ATMEL معرفی شدند که برخی از آنها هیچ گاه تولید نشدند (مانند ATXMEGA384A1) و در نهایت از فهرست محصولات این شرکت حذف شدند. از نظر Package سری های D4 و A4 دارای ۴۴ پایه و D3 و A3 دارای ۶۴ پایه و سری A1 دارای ۱۰۰ پایه هستند. برای این خانواده نسخه DIP وجود ندارد و همگی بصورت SMD هستند. برای انتخاب هر شماره باید با توجه

به امکانات داخلی IC و نیازهای طراحی و موجود بودن در بازار اقدام شود و قبل از انتخاب یک شماره نسبت به واحدهای سخت افزاری موجود در آن بررسی کاملی به عمل آید. به عنوان مثال در شماره های سری D اصولاً DMA و DAC وجود ندارد و عدم توجه به این مسئله می تواند انجام یک منظور از پیش تعیین شده را که مستلزم استفاده از این امکانات است با مشکل مواجه کند. در ادامه درباره مشخصات مختلف سری A توضیحاتی داده خواهد شد.

تغذیه

مقدار VCC مجاز برای XMEGA بین ۱.۶ ولت تا ۳.۶ ولت است. اما فرکانس کلاک ۳۲ مگاهرتز تنها از تغذیه ۲.۷ ولت به بالا قابل دستیابی است. در محدوده ۱.۸ ولت تا ۲.۷ ولت، حداکثر فرکانس کلاک مجاز بصورت خطی کاهش می یابد و در مقدار ۱.۸ ولت این عدد به حداکثر ۱۲ مگاهرتز می رسد. در محدوده بین ۱.۶ ولت تا ۱.۸ ولت هم مقدار حداکثر همان ۱۲ مگاهرتز باقی می ماند.

به دلیل کمتر بودن VCC از مقدار معمول ۵ ولت، محدودیت هایی در مقادیر پورت ها در وضعیت های ورودی و خروجی بوجود می آید. در وضعیت ورودی، حداکثر مقدار مجاز برای اعمال به عنوان ورودی نباید بیشتر از $V_{CC}+0.5V$ باشد. بنابراین اگر از یک رگولاتور ۳.۳ ولتی برای تغذیه IC استفاده شود، حداکثر مقدار مجاز برابر ۳.۸ ولت است و متصل کردن یک خروجی با مقدار ۵ ولت به ورودی XMEGA می تواند منجر به آسیب وارد شدن به آن شود. ساده ترین راه برای حل این مشکل استفاده از یک تقسیم مقاومتی و یا در شرایط پیشرفته تر استفاده از IC های Level converter است.

در وضعیت خروجی هم مطابق منحنی های ارائه شده برای XMEGA از طرف کارخانه سازنده و در صورتی که جریانی از خروجی کشیده نشود، مقدار high خروجی پورت برابر VCC و مقدار Low آن برابر صفر خواهد بود. در صورت جریان کشی هم مقدار high کمتر از VCC و مقدار Low بیشتر از صفر خواهد شد. کمتر بودن مقدار خروجی high از ۵ ولت در اتصال به IC های جانبی، در صورتی که از تغذیه ای مانند ۳.۳ ولت استفاده شود، در اکثر موارد مشکلی بوجود نمی آورد. زیرا اکثر IC هایی که با تغذیه ۵ ولت کار می کنند، ۳.۳ ولت را به عنوان high می شناسند. اما در غیر این صورت و همچنین در صورت استفاده از مقادیر پائین تر VCC، استفاده از Level converter اجتناب ناپذیر است. یک روش دیگر برای اتصال ورودی های ناشی از خروجی وسایل جانبی با تغذیه ۵ ولت، استفاده از دیودهای حفاظت پورت ها و سری کردن یک مقاومت با آن است. این روش در عمل در اتصال به LCD با کنترل کننده T6963c امتحان شده و به خوبی جواب داده است.

Clock

از جمله اولین نکات این خانواده این است که تا ۳۲ مگاهرتز کلاک را قبول می کنند که در مقایسه با حداکثر ۲۰ مگاهرتزی AVR های معمول، تقریباً دوبرابر سرعت را تامین می کنند و همچنین این کلاک ۳۲ مگاهرتز می تواند بصورت اسیلاتور داخلی و بدون نیاز به هیچ کریستالی تامین شود. وجود PLL داخلی هم از ویژگی های دیگر این خانواده است که بوسیله آن می توان انواع کلاک ها را از یک منبع ثابت بدست آورد و همچنین یک مکانیزم DPLL (Digital Frequency Locked Loop) هم قابل فعال سازی است که اسیلاتور دائماً مقدار خود را تصحیح می کند و پایداری و صحت کلاک بهبود می یابد. یکی از امکاناتی که در بخش تولید کلاک XMEGA قابل فعال سازی است، واحد نظارت بر کلاک خارجی یا External Clock source failure monitor است. این عملکرد در شرایطی مفید واقع می شود که کلاک سیستم از کریستال یا اسیلاتور

خارجی تامین شده باشد. با فعال سازی این واحد، در صورت از کار افتادن و یا کمتر شدن فرکانس نوسان ساز خارجی از یک حد مشخص، منبع نوسان بصورت خودکار به اسپلاتور داخلی ۲ مگاهرتز سوئیچ می شود. همزمان با انجام این تغییر یک وقفه NMI یا Non Maskable Interrupt ایجاد می شود که از تمام وقفه های دیگر دارای اولویت بالاتری است و قابل mask شدن هم نیست. حد پائین برای مقدار فرکانس اسپلاتور ۳۲ کیلوهرتز است که در صورت کمتر شدن فرکانس منبع نوسان خارجی از این حد، عمل تغییر منبع نوسان به اسپلاتور داخلی ۲ مگاهرتز و ایجاد وقفه انجام می شود. اگر اسپلاتور خارجی فعال باشد ولی به عنوان منبع کلاک سیستم انتخاب نشده باشد، شرایط Fail منجر به غیر فعال شدن آن می شود. همچنین بعد از فعال کردن واحد نظارت بر کلاک خارجی، امکان غیرفعال کردن آن وجود ندارد و فقط وقوع Reset منجر به غیر فعال شدن آن می شود. در صورت قرار گرفتن CPU در وضعیت SLEEP این واحد متوقف می شود و بعد از خارج شدن از وضعیت SLEEP این واحد بصورت خودکار فعال خواهد شد.

منابع تامین پالس ساعت برای CPU و سایر سخت افزارها در این خانواده متعدد هستند. ۵ منبع شامل اسپلاتور ۲ مگاهرتز داخلی، اسپلاتور ۳۲ مگاهرتز داخلی، اسپلاتور ۳۲.۷۶۸ کیلوهرتز داخلی، خروجی PLL و اسپلاتورها یا کریستال های خارجی به عنوان منابع تامین کلاک قابل انتخاب هستند:

اسپلاتور داخلی ۲ مگاهرتز: بعد از Reset شدن میکروکنترلر، این اسپلاتور بصورت خودکار به عنوان منبع کلاک سیستم انتخاب می شود. همچنین مضاربی از فرکانس این اسپلاتور از طریق PLL می تواند به عنوان کلاک انتخاب شود. دقت این اسپلاتور در دمای ۲۵ درجه سلسیوس و تغذیه ۳ ولت در حد ۱ درصد تغییرات است.

اسپلاتور داخلی ۳۲ مگاهرتز: برای استفاده از این اسپلاتور، باید ابتدا بوسیله خطوط برنامه عملیات فعال سازی آن انجام شود و در مرحله بعد بصورت مستقیم یا از طریق PLL به عنوان منبع کلاک سیستم انتخاب شود. دقت این اسپلاتور در دمای ۲۵ درجه سلسیوس و تغذیه ۳ ولت در حد ۱ درصد تغییرات است.

اسپلاتور داخلی ۳۲.۷۶۸ کیلوهرتز: این اسپلاتور بعد از فعال سازی می تواند به عنوان کلاک سیستم انتخاب شود و همچنین بعد از تقسیم شدن بر ۳۲ برای اعمال به بخش RTC انتخاب شود. این اسپلاتور می تواند برای مکانیزم کالیبره کردن خودکار اسپلاتورهای ۲ و ۳۲ مگاهرتز داخلی بکار رود. دقت این اسپلاتور در دمای ۲۵ درجه سلسیوس و تغذیه ۳ ولت در حد ۱ درصد تغییرات است. امکان کالیبره کردن مقدار خروجی این اسپلاتور بصورت نرم افزاری وجود دارد.

منابع کلاک خارجی: قابلیت اتصال کریستال یا رزوناتور و همچنین اعمال کلاک مستقیم از خارج وجود دارد. بین های XTAL1 و XTAL2 قابلیت اتصال کریستالی در محدوده 0.4-16 MHz را دارند و به دو پین TOSC1 و TOSC2 می توان یک کریستال ساعت با فرکانس 32768Hz را متصل کرد. هر یک از این دو منبع به همراه کلاک خارجی اعمال شده به ورودی XTAL1 می توانند به عنوان منبع کلاک سیستم تعیین شوند.

PLL: برخی از منابع ذکر شده می توانند به عنوان ورودی به PLL تعیین شوند و مضربی از آن به عنوان کلاک سیستم انتخاب شود. اسپلاتور داخلی ۲ مگاهرتز، اسپلاتور داخلی ۳۲ مگاهرتز (تقسیم بر ۴)، کلاک خارجی و خروجی اسپلاتور کریستالی فرکانس بالا (0.4-16MHz) می توانند به عنوان ورودی PLL تعیین شوند. ضریب افزایش فرکانس PLL در محدوده ۱ تا ۳۱ برابر است. خروجی PLL نباید در فرکانسی کمتر از 10MHz تنظیم شود و عدد 200MHz به عنوان حد بالای آن ذکر شده است. برای تغییر ضریب PLL باید ابتدا این واحد غیر فعال شود و بعد از تغییر ضریب، مجدداً فعال شود.

حداکثر کلاک نامی برای این خانواده از نظر اعمال به CPU در حد ۳۲ مگاهرتز است که تا سرعت اجرای حداکثر ۳۲ میلیون دستورالعمل در ثانیه را تامین می کند. اما در عمل با افزایش کلاک می توان به مقادیر بیشتر هم رسید که به این عمل Over Clock گفته می شود. بر خلاف اکثر شماره های AVR که تغییر منبع کلاک نیازمند برنامه ریزی فیوزبیتهاست، این امر در XMEGA توسط خطوط برنامه انجام می شود و در هر زمان که لازم باشد می توان منبع کلاک را تغییر داد. برای واحد های

سخت افزاری داخلی می توان کلاکی متفاوت از کلاک CPU تعریف کرد و این امر از طریق تقسیم کننده های قابل برنامه ریزی که به همین منظور پیش بینی شده اند، میسر است. دو واحد سخت افزاری در XMEGA وجود دارند که یکی تا ۶۴ مگاهرتز و دیگری تا ۱۲۸ مگاهرتز کلاک را می پذیرند. برای استفاده از این ظرفیت باید ابتدا با PLL داخلی یک فرکانس ۱۲۸ مگاهرتز تولید کرد و با تنظیمات لازم دوبار آن را بر دو تقسیم کرد. حال این ۳ فرکانس متمایز یعنی ۱۲۸ و ۶۴ و ۳۲ مگاهرتز هر یک به قسمت مربوط به خود اعمال می شود که ۳۲ مگاهرتز مربوط به CPU است. باید به این نکته توجه شود که بالاتر بودن کلاک به خودی خود ملاک کاملی برای سرعت XMEGA نیست و وجود واحدهایی مانند Event System و DMA می تواند سرعت اجرای عملیات را به ازای یک کلاک ثابت بسیار بالاتر ببرد و این مسئله ای است که باید در کنار فرکانس کلاک بصورت توأم به آن توجه شود.

پورت ها

عملکرد پورتها در خانواده XMEGA بسیار کاملتر از AVR های معمولی است. پورتهای AVR یا خروجی هستند که دو وضعیت Low و High را میتوانند داشته باشند و یا ورودی هستند که pull up داخلی می تواند فعال یا غیر فعال باشد. اما در XMEGA امکانات بیشتری پیش بینی شده، به نحوی که ۴ وضعیت برای ورودی و ۵ وضعیت برای خروجی تعریف شده است. از نظر ورودی حالت های زیر قابل فعال شدن هستند:

۱- High impedance

۲- فعال شدن Pull up

۳- فعال شدن Pull down

۴- Bus keeper که به معنای فعال سازی خودکار Pull up یا Pull down برای حفظ وضعیت پورت متناسب با حالت خروجی آن است.

از نظر خروجی ۵ وضعیت قابل فعال شدن هستند:

۱- Totem pole: در این حالت پین خروجی برای هر دو وضعیت High و Low بصورت مناسب درایو می شود.

۲- Wired AND+Pull up: این خروجی ها قابل وصل کردن به یکدیگر هستند. خروجی هایی که High هستند تاثیری در خروجی مشترک پین ها ندارند و خروجی هایی که Low هستند خود را به وضعیت پین های خروجی تحمیل می کنند. اگر حتی یک خروجی Low باشد، پین خروجی صفر می شود Pull up بصورت داخلی فعال است.

۳- Wired AND: مانند وضعیت قبل و بدون فعال بودن Pull up داخلی.

۴- Wired OR + Pull down: این خروجی ها قابل وصل کردن به یکدیگر هستند. خروجی هایی که Low هستند تاثیری در خروجی مشترک پین ها ندارند و خروجی هایی که High هستند خود را به وضعیت پین های خروجی تحمیل می کنند. اگر حتی یک خروجی High باشد، پین خروجی یک می شود Pull down بصورت داخلی فعال است.

۵- Wired OR: مانند وضعیت قبل و بدون فعال بودن Pull down داخلی.

مسئله دیگری که در مورد پورت های XMEGA می توان به آن اشاره کرد، امکان تعریف وقفه خارجی روی تمام پین های برخی پورت هاست که در مقایسه با AVR که فقط پین های خاصی به این امر اختصاص پیدا کرده، مزیت مهمی به شمار می رود. از جمله امکانات دیگر در پورت ها امکان محدود کردن Slew Rate یا شیب تغییرات خروجی پورت ها است. این امکان برای کاهش نویز ناشی از تغییرات سریع خروجی پورت ها قابل فعال کردن است. Not کردن منطق هر پین یک پورت و ایجاد وقفه از طریق تمام پین ها هم از جمله امکانات دیگری است که قبلا به آن اشاره شده است. همچنین پورتهای A تا F می توانند به

عنوان تولید کننده Event و PC7 و PD7 و PE7 برای ظاهر کردن کلاک سیستم روی خروجی خود و یا نشان دادن Event ها مورد استفاده قرار بگیرند. برای صرفه جویی در مصرف انرژی کلی میکروکنترلر، این امکان وجود دارد که بافر ورودی بین هایی که مورد استفاده قرار نمی گیرند و یا فقط به عنوان ورودی آنالوگ استفاده می شوند، غیر فعال شود (پورتهای A تا F). نکته آخر اینکه تغییرات روی پورتهای می تواند موجب خروج از وضعیت SLEEP و تولید وقفه شود که ویژگی خاصی در این مورد برای پین شماره ۲ از هر پورت وجود دارد و می تواند این عملیات را بصورت آسنکرون و بدون حضور کلاک وسایل جانبی داخلی انجام دهد.

برای تعیین وضعیت پورت ها در AVR های معمولی، به ازای هر پورت ۳ رجیستر وجود دارد. رجیستر DDRx برای تعیین جهت پورت، رجیستر PORTx برای تعیین مقدار خروجی و یا فعال سازی مقاومت Pullup در ورودی و رجیستر PINx برای خواندن مقدار واقعی پین در نظر گرفته شده اند. اما در XMEGA نام و عملکرد رجیسترها بصورت متفاوتی است که در اینجا توضیح داده می شود. برای تعیین جهت هر پورت از رجیستری با نام PORTx_DIR استفاده می شود (مثلا PORTA_DIR). همانند AVR نوشتن یک در هر بیت از این رجیستر منجر به خروجی شدن پین متناظر آن در پورت می شود، اما وضعیت فعال سازی مقاومت Pullup ربطی به این رجیستر ندارد. به غیر از این رجیستر، تعداد ۳ رجیستر دیگر در همین رابطه پیش بینی شده که عملکرد آنها در AVR مشابهی ندارد و برای بالا بردن سرعت انجام عملیات در نظر گرفته شده اند. PORTx_DIRSET رجیستری است که نوشتن یک در هر بیت آن موجب خروجی شدن پین های متناظر در آن پورت می شود، اما وضعیت سایر بیت ها بدون تغییر باقی می ماند. مثلا با اجرای دستور `PORTA_DIRSET=0x0F` در زبان C فقط ۴ بیت پائین پورت خروجی می شوند و ۴ بیت بالا در هر وضعیتی از نظر ورودی یا خروجی که بودند، باقی می ماند. در همین رابطه دو رجیستر دیگر با نامهای PORTx_DIRCLR و PORTx_DIRTGL وجود دارند که نوشتن یک در بیت های رجیستر اول منجر به ورودی شدن بیتهای متناظر و بدون تغییر ماندن جهت سایر بیتها می شود و برای رجیستر دوم، نوشتن یک منجر به Toggle شدن وضعیت بیتها از نظر جهت می شود.

برای تغییر مقدار خروجی هم ۴ رجیستر برای هر پورت به نام های PORTx_OUT و PORTx_OUTSET و PORTx_OUTCLR و PORTx_OUTTGL وجود دارند که رجیستر اول منجر به تغییر مقادیر کلیه بیت های پورت می شود و در ۳ رجیستر بعدی فقط بیت هایی که در آن یک نوشته شده تغییر می کنند و سایر بیت ها بدون تغییر باقی می ماند. برای خواندن وضعیت هر پورت هم رجیستر PORTx_IN وجود دارد که عملکردی مشابه رجیستر PINx در AVR های عادی دارد.

Event System

Event System یکی از امکانات بسیار مهم در خانواده XMEGA است که از طریق آن یک ارتباط سخت افزاری، بدون دخالت CPU بین اجزای داخلی میکروکنترلر برقرار می شود. به واسطه وجود این امکان و به دلیل انجام برخی وظایف بصورت سخت افزاری، به همان میزان در اجرای دستورالعمل ها توسط CPU صرفه جویی می شود. این یک توانایی به غیر از افزایش فرکانس کلاک سیستم است که با کاهش دستورالعملهای لازم برای انجام یک عملیات مشخص، می تواند راندمان اجرای نرم افزار را به میزان قابل توجهی افزایش دهد.

برای درک بهتر این قابلیت فرض کنید در یک AVR سری mega مانند mega64 که دارای ۲ تایمر ۱۶ بیتی است، ایجاد یک تایمر ۳۲ بیتی مورد نظر باشد. یک روش برای انجام این کار این است که وقفه سرریز یکی از تایمرهای ۱۶ بیتی فعال شود و در روتین وقفه سرریز آن تایمر، توسط خطوط برنامه روی یکی از پایه های خروجی یک کلاک ایجاد شود و این کلاک به یکی از

پایه های T0 یا T1 اعمال شود. T0 یا T1 در این حالت باید به عنوان منبع کلاک تایمر دوم انتخاب شده باشد. روش دیگر استفاده از یک شمارنده نرم افزاری به عنوان دو بایت بالای تایمر است.

انجام این عملیات مستلزم اجرای دستورالعمل هایی از طرف CPU و صرف زمان است که موجب Load شدن آن برای مدت زمانی می گردد. اما در XMEGA با تنظیم صحیح رجیسترهای داخلی، می توان سرریز یک تایمر را به عنوان منبع کلاک تایمر دیگر تعریف کرد و این عملیات بدون هرگونه صرف زمانی از طرف CPU و بصورت کاملاً سخت افزاری انجام می شود. به این ترتیب با خارج کردن CPU از پروسه انجام عملیات می توان به سرعت های بالاتری در اجرای برنامه دست یافت و زمانی که اجرای چندین عملیات بصورت همزمان مورد نظر باشد، این مزیت به میزان قابل توجهی می تواند منجر به کاهش بار پردازشی CPU شود.

۸ کانال مختلف در Event System وجود دارد که می توانند به عنوان منبع تریگر بخش های مختلف انتخاب شوند. منابع زیر به عنوان تولید Event قابل تعریف هستند:

- RTC
- مقایسه کننده های آنالوگ
- کانال های ADC
- وضعیت پورت های A تا F
- کلاک وسایل جانبی تقسیم بر یک ضریب قابل تعیین
- سرریز شدن تایمرها
- وضعیت خطا در تایمرها
- عملیات Capture در تایمرها
- عملیات Compare در تایمرها
- ایجاد Event بصورت نرم افزاری

فرمانهای ناشی از منابع Event می توانند توسط بخشهای زیر مورد استفاده قرار بگیرند:

- تایمرها
- ADC
- DAC
- DMA
- واحد ارتباط سریال مادون قرمز (IRCOM)
- بین های خاص در پورت ها

برای ارتباط بین دو واحد سخت افزاری باید منبع مورد نظر را به یکی از ۸ کانال Event نسبت داد و در مصرف کننده هم کانال مذکور را به عنوان منبع تریگر مورد نظر انتخاب کرد.

در توضیح بیشتر عملکرد Event system مثال هایی ذکر می شود. مثال اول در مورد عملیات Capture یک تایمر است. هنگامی که تایمر مشغول شمارش است، برای نمونه برداری صحیح از مقدار آن (که دائماً در حال تغییر است) از قابلیت Capture در میکروکنترلرها استفاده می شود. این عملیات را می توان به عکس گرفتن از یک جسم متحرک تشبیه کرد و تحت یک فرمان مشخص، نمونه برداری صحیحی از مقدار تایمر انجام می شود. در میکروکنترلرهای مختلف معمولاً این فرمان توسط

یک یا چند پین خارجی معین انجام می شود و در مواردی مانند mega64 این قابلیت وجود دارد که این فرمان توسط خروجی مقایسه کننده آنالوگ هم صادر می شود. اما در XMEGA فرمان Capture از یکی از کانال های ۸ گانه Event system صادر می شود و هر منبعی که به عنوان ایجاد کننده Event تعریف شده باشد، می تواند فرمان مورد نظر را صادر کند. به این ترتیب تمام پین های پورت های A تا F قابلیت ایجاد فرمان Capture را پیدا می کنند و این امر به پین خاصی محدود نمی شود. و یا از طریق سایر منابع مانند مقایسه کننده آنالوگ یا ADC یا RTC و کلاک وسایل جانبی و سایر تایمرها و حتی بصورت نرم افزاری می توان فرمان Capture را ایجاد کرد.

به عنوان مثال های دیگری برای تایمر می توان ایجاد فرمان کلاک یا Restart شدن تایمر و حتی اندازه گیری زمان بین دو Event را از طریق منابع مختلف قابل تعریف در Event system ذکر کرد که قابلیت های فوق العاده ای را در استفاده از تایمرها ایجاد می کند.

تایمرها

برخلاف AVR های عادی که دارای تایمرهای ۸ بیتی و ۱۶ بیتی هستند، تمام تایمرهای XMEGA بصورت ۱۶ بیتی هستند. از نظر تعداد هم مزیت قابل توجهی در تعداد تایمرهای XMEGA وجود دارد. تعداد تایمرها در سری های مختلف به شرح زیر است:

۸ عدد در سری A1

۷ عدد در سری A3

۵ عدد در سری A4 و D3

۴ عدد در سری D4

یکی از نقاط قوت خانواده XMEGA نسبت به اکثر میکروکنترلرهای ۸ و ۱۶ بیتی، تعداد خروجی های زیاد PWM در شماره های مختلف این خانواده است. تعداد خروجی های PWM در سری های مختلف به شرح زیر است:

۲۴ خروجی PWM در سری A1

۲۲ خروجی PWM در سری A3

۱۶ خروجی PWM در سری A4

۱۸ خروجی PWM در سری D3

۱۴ خروجی PWM در سری D4

از امکانات ویژه این تایمرها نسبت به AVR های قبلی، امکان شمارش بصورت نزولی علاوه بر شمارش صعودی است و این امکان توسط خطوط برنامه قابل انتخاب است. این در حالی است که در تایمرهای AVR، به غیر از وضعیت PWM شمارش تنها بصورت صعودی قابل انجام است و کنترلی روی جهت شمارش وجود ندارد. یکی از امکانات تایمرها در این خانواده، امکان متوالی کردن دو تایمر بصورت سخت افزاری و ایجاد تایمر ۳۲ بیتی است. وجود واحدهای Capture (که بصورت ۳۲ بیتی هم می توانند عمل کنند)، امکان کاربردهایی مانند اندازه گیری فرکانس یا عرض پالس را میسر می کند. این کار بوسیله نمونه برداری از مقدار تایمر در دو لبه یکسان یا متوالی و محاسبه زمان سپری شده، امکان پذیر می شود.

واحدهای Compare برای تولید خروجی های PWM مورد استفاده قرار می گیرند. برخی تایمرها دارای ۴ واحد Compare و برخی دارای ۲ عدد از این واحد سخت افزاری هستند. خروجی های PWM می توانند در کاربردهایی نظیر کنترل دور موتور و UPS و منابع تغذیه و غیره بکار گرفته شوند. در همین راستا واحدی به نام AWeX در XMEGA وجود دارد که در خروجی تایمر

فعال می شود و وظایف یک IC درایور موتور از نظر تولید زمان تاخیر بین روشن و خاموش شدن سوئیچ های قدرت و یا پاسخ به شرایط خطا و مانند آن را به عهده می گیرد.

همچنین واحد سخت افزاری دیگری به نام High Resolution Extension در خروجی تایمر قابل فعال سازی است که تا ۱۲۸ مگاهرتز کلاک را می پذیرد و برای ۴ برابر کردن دقت خروجی تایمر در حوزه زمان مورد استفاده قرار می گیرد. بوسیله این واحد حداکثر کلاک موثر اعمال شده به تایمر بجای ۳۲ مگاهرتز تا ۱۲۸ مگاهرتز قابل افزایش است و این امکان می تواند برای ساخت زمان های بسیار دقیق و با پله تغییراتی در حدود ۷ نانوثانیه مورد استفاده قرار بگیرد. امکان فرمان گرفتن تایمر از خروجی های یک Shaft encoder هم از جمله امکانات مهم دیگر این خانواده است که در کاربرد های رباتیک و CNC اهمیت خاصی را ایجاد می کند.

AWeX

AWeX (Advanced Waveform Extension) یک واحد سخت افزاری طراحی شده برای پیاده سازی عملیات کنترل دور موتور و درایورهای قدرت است. وجود ۳ توانایی سخت افزاری Dead time insertion, Pattern generation و Fault protection برای کاربردهای کنترل دور موتور و منابع تغذیه و UPS و مانند آن پیش بینی شده و کارکردن با آن مستلزم آشنایی کامل با مبانی عملکرد درایورهای قدرت می باشد.

در مورد Dead time insertion می توان این توضیح را ارائه کرد که در یک پل (Bridge) تشکیل شده از سوئیچ های قدرت مانند Mosfet یا IGBT، بین خاموش شدن هر سوئیچ قدرت و روشن شدن سوئیچ دومی که در همان بازو قرار دارد، باید یک زمان حداقل در حد میکروثانیه تاخیر وجود داشته باشد. در غیر اینصورت قبل از اینکه جریان سوئیچ روشن به صفر برسد، سوئیچ دوم هم روشن خواهد شد و یک جریان بسیار شدید بین ولتاژ مثبت و منفی پل ایجاد می شود و در یک لحظه باعث از بین رفتن سوئیچ های قدرت خواهد شد (به این جریان shoot through هم گفته می شود). به این زمان تاخیر به اصطلاح Dead time گفته می شود که یک منبع تولید فرمان برای درایور، باید بتواند آنرا بصورت سخت افزاری تامین کند. در واحد AWeX خانواده XMEGA، چنین امکانی پیش بینی شده که مقدار Dead time بصورت نرم افزاری و توسط رجیسترهای کنترلی یکبار تعریف و به سخت افزار اعمال شود.

Pattern generation برای تولید یک Bit Pattern مشخص روی پورت خروجی و برای کنترل موتورهای مانند BLDC و استپر موتور کاربرد دارد. در این وضعیت محتوای پورت بصورت سنکرون با تایمر و بر حسب یک بافر مشخص، بصورت خودکار تغییر می کند. به این معنی که در شرایط Update تایمر (که می تواند در TOP یا BOTTOM اتفاق بیافتد)، یک وضعیت از پیش تعریف شده روی پورت قرار می گیرد که این وضعیت برای هر پین می تواند High و Low و یا خروجی PWM کانال A تایمر باشد. از طریق این امکان می توان یک سیگنال PWM را در ۸ پین مختلف و بسته به شرایط توزیع نمود.

برای تفهیم بهتر اینکه این امکان چه فایده هایی می تواند داشته باشد، مثال هایی را می توان مطرح کرد. مثلا اگر فرض کنیم قرار باشد یک استپر موتور بوسیله ۴ بیت پورت کنترل شود، بجای تعریف وقفه ای که بخواهد مقدار پورت را بصورت متوالی تغییر دهد، می توان مقادیر لازم را در بافر پورت قرار داد و در زمان لازم و سنکرون با تایمر، عملیات ایجاد شکل موج مورد نظر انجام خواهد شد و برای اینکار نیازی به وقفه تایمر نیست. همین مسئله می تواند در تابلوهای روان و مانند آن هم با سرعت زیاد و بدون درگیر کردن CPU در وقفه تایمر، بکار گرفته شود.

و یا توزیع انتخابی PWM که می تواند در کاربردهایی (احتمالا کنترل نور LED های معمولی و RGB و ...) مورد استفاده قرار بگیرد و با استفاده از این امکانات می توان بار CPU را برای انجام برخی از کاربردها کاهش داد و آن را به عهده سخت افزار سپرد.

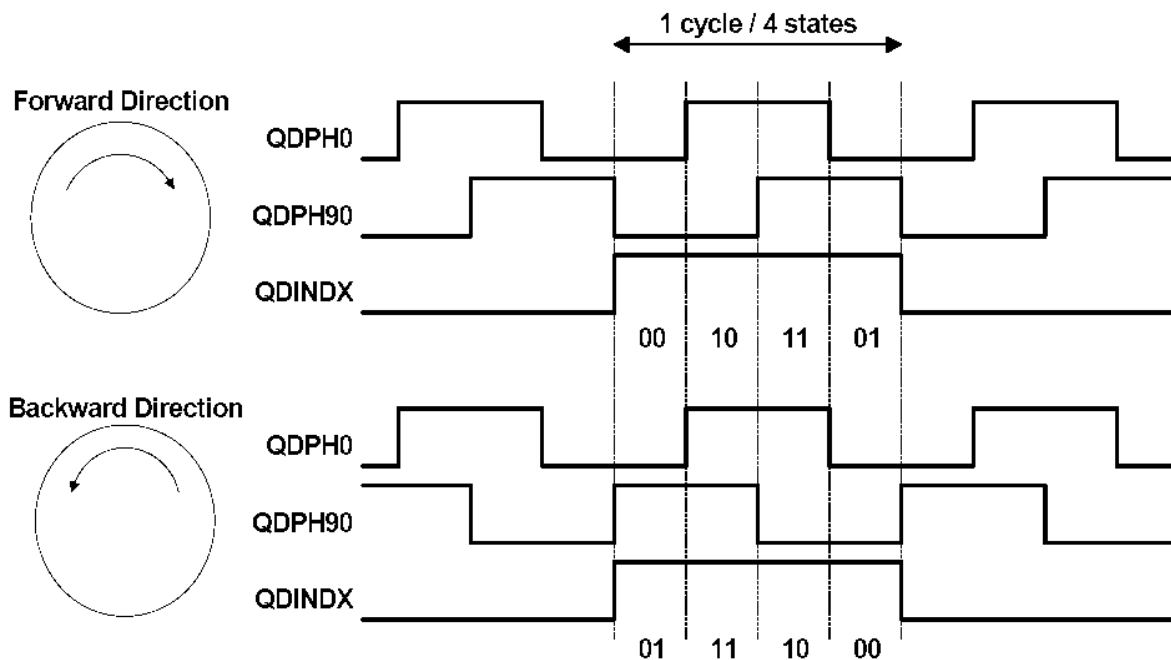
Fault protection هم یک واحد پیش بینی شده برای درایورهای قدرت و در جهت واکنش سریع و مشخص در شرایط وقوع Fault می باشد. برای کنترل کاربردهای قدرت لازم است این امکان بصورت سخت افزاری پیش بینی شود که در هنگام وقوع fault و خطا، واکنش سریع و از قبل معینی انجام شود و مثلاً فرمان خروجی به سوئیچ های قدرت به سرعت قطع شوند و این امر نباید معطل اجرای نرم افزار بماند. چرا که در غیر اینصورت ممکن است به علت جریان کشی بیش از حد به از بین رفتن سوئیچ های قدرت و مواردی از این دست منجر شود. بنابراین واحدی که تحت برنامه ریزی قبلی نرم افزار بصورت سخت افزاری به شرایط خطا پاسخ دهد، از جمله امکاناتی است که در XMEGA پیش بینی شده و امکان استفاده از آن را به عنوان یک کنترل کننده و نظارت کننده بر پروسه های در محدوده زمانی میکروثانیه و کمتر، بوجود می آورد. این بخش از Event system فرمان می گیرد و این امکان وجود دارد که هر یک از ۸ کانال موجود (بصورت OR) به عنوان فرمان ایجاد شرایط Fault عمل کنند.

High Resolution Extension

امکانی برای افزایش ۴ برابر دقت زمانی در شکل موج خروجی تایمر است. با فعال سازی این واحد، ۱۴ بیت بالا از ۱۶ بیت تایمر توسط کلاکی که فرکانس آن حداکثر می تواند با کلاک CPU برابر باشد، تغییر می کنند و ۲ بیت پائین در یک بخش جدا که فرکانس کلاک آن ۴ برابر است تغییر می کنند. برای فهم بهتر عملکرد این بخش به این نکته توجه کنید که اگر تغییرات تایمر با همان کلاک CPU انجام شود، حداکثر تفکیک پذیری زمانی در شکل موج PWM خروجی، در حد دوره تناوب کلاک CPU است. اما با استفاده از فعال سازی این بخش و به دلیل اینکه کلاک کلی تایمر در عمل ۴ برابر کلاک CPU می شود، بنابراین در حوزه زمان هم یک تفکیک پذیری و دقت ۴ برابر حاصل می شود. یعنی پله های تغییر شکل موج در حوزه زمان می تواند ۴ برابر دقیق تر شوند. این مسئله می تواند برای تولید شکل موج هایی با دقت ۴ برابر از نظر زمانی مورد استفاده قرار بگیرد که برای فعال سازی آن باید تنظیماتی انجام شود و از جمله در تنظیمات Prescaler داخلی، کلاک ۴ برابر CPU فعال سازی شود. زیرا با مراجعه به رجیسترهای داخلی می توان مشاهده کرد که Prescaler ها بصورت Default در وضعیت تولید کلاک ۴ برابر قرار ندارند.

QDEC

Quadrature encoder یا Incremental Rotary encoder ها برای تعیین موقعیت و سایر پارامترهای وابسته به موقعیت مانند سرعت و شتاب در حرکت های چرخشی بکار می روند. این ابزارها دارای کاربردهای متنوعی هستند و می توانند از کاربردهایی نظیر یک ولوم دیجیتال ساده تا سروموتورهای صنعتی AC و DC و ربات ها و دستگاه های CNC بکار گرفته شوند. برای ساخت این وسیله از روش های مختلفی شامل کنتاکتهای مکانیکی و سنسورهای نوری استفاده می شود. در نوع نوری که مجهز به مدارات الکترونیک هستند، دو پالس با اختلاف فاز ۹۰ درجه در خروجی ایجاد می شود که بر اساس نسبت لبه های دو پالس می توان مکان نسبی و جهت چرخش محور چرخنده را آشکارسازی کرد. همچنین معمولاً پالس سومی در دسترس قرار می گیرد که نشاندهنده نقطه صفر در چرخش است و این پالس فقط در یک محدوده مشخص از چرخش فعال می شود. با آشکارسازی این نقطه می توان موقعیت سایر نقاط را بصورت مطلق اندازه گرفت و به محل واقعی مکان سایر نقاط دست پیدا کرد.



تفکیک پذیری مکانی در این قطعات بر حسب PPR(Pulse Per Revolution) بیان می شود و به معنای تعداد سیکل پالس هایی است که روی هر یک از دو خروجی آن در یک دور چرخش ایجاد می شود. اگر N را به عنوان تعداد پالس تولید شده در هر فاز برای یک دور چرخش در نظر بگیریم، در مجموع $4N$ لبه پالس در دو فاز خروجی ایجاد می شود. بنابراین حداکثر دقت سنجش مکانی، ۴ برابر عدد ذکر شده به عنوان پالس های انکودر است. البته بجای حساسیت به هر ۴ لبه پالس موجود می توان فقط بر اساس یکی از آنها اندازه گیری را انجام داد. اما در این روش دقت اندازه گیری به یک چهارم کاهش می یابد.

برای اتصال یک Shaft encoder به میکروکنترلرهای مختلف، معمولاً از طریق وقفه های خارجی عمل می شود. به این ترتیب که هر فاز خروجی به یک ورودی وقفه متصل می شود و به ازای هر لبه ورودی، وقفه ای ایجاد می شود. سپس در روتین وقفه ایجاد شده، عملیات افزایش یا کاهش شمارنده مورد نظر انجام می پذیرد. اما از آنجایی که تعداد لبه های ایجاد شده در دورهای بالای چرخش انکودر می تواند در واحد زمان زیاد باشد، برای میکروکنترلر مشکل زیر بار رفتن CPU و عدم امکان پردازش به وجود می آید. به عنوان مثال فرض کنید موتور متصل به یک انکودر با دقت ۲۵۰۰ پالس و با سرعت ۳۰۰۰ دور در دقیقه چرخش داشته باشد. در این شرایط در هر ثانیه ۵۰۰۰۰۰ لبه ایجاد می شود که پردازش آن توسط یک میکروکنترلر باعث ایجاد بار زیادی برای CPU می شود و در بسیاری از موارد هم ممکن است انجام چنین پردازشی به همراه سایر وظایف از عهده CPU خارج باشد.

یکی از امکانات جالبی که در خانواده XMEGA پیش بینی شده، تشخیص پالس های خروجی یک انکودر و افزایش و کاهش تایمرهای داخلی بصورت کاملاً سخت افزاری و بدون نیاز به اجرای کدهای دستورات عمل از طریق واحد QDEC است. به عبارت دیگر این امکان در XMEGA پیش بینی شده که عملیات تشخیص و Decode کردن پالسهای انکودر، بصورت خودکار و بدون نیاز به وقفه و اجرای برنامه انجام شود. این امکان با استفاده از یکی از توانائی های ویژه XMEGA با عنوان Event system میسر شده و تا ۳ محور را برای تشخیص پالس های انکودر پشتیبانی می کند. بعد از فعال سازی این واحد و با ایجاد هر لبه پالس، کاهش و افزایش تایمر داخلی به صورت خودکار انجام می شود و بنابراین انجام این عملیات، بار نرم افزاری را برای CPU ایجاد نمی کند. مقدار تایمر تحت کنترل در هر لحظه برای پردازش در اختیار CPU قرار دارد. همچنین امکان فعال کردن وضعیت صفر کردن مقدار تایمر توسط سیگنال QINDEX وجود دارد و به این ترتیب، نقطه صفر حرکت با این سیگنال هماهنگ می شود. کانال های صفر و ۲ و ۴ در Event system، قابلیت پذیرش این نوع سیگنال ورودی را دارند. نکته جالب توجه این

است که ورودی های لازم برای پذیرش سیگنال از انکودر به پایه ها و تایمرهای خاصی محدود نشده اند و تنها کافی است سیگنال های QDPH0 و QDPH90 و QDINDX به ترتیب روی سه ورودی متوالی از یک پورت تعریف شوند و هر یک از تایمرهای ۱۶ بیتی را می توان برای این وظیفه اختصاص داد.

وجود چنین امکانی در XMEGA، استفاده از آن را در مدارات کنترل صنعتی شامل کنترل موتورها و دستگاه های CNC و مانند آن توجیه پذیر می کند و این سخت افزار به عنوان یکی از ویژگی های خاص خانواده XMEGA محسوب می شود که ضرورت آشنایی با آن را توجیه پذیر می کند.
(این بخش به عنوان یک مقاله در شماره سوم مجله نویز منتشر شده است).

اولویت وقفه ها

مدیریت وقفه در XMEGA بسیار کامل تر از AVR های معمولی است. در خانواده AVR امکان تعریف اولویت برای وقفه ها پیش بینی نشده است و اگر وقفه ای در حال اجرا باشد، کلیه وقفه های دیگر باید منتظر اتمام اجرای وقفه جاری بمانند. البته بصورت نرم افزاری می توان در روتین وقفه جاری، امکان پذیرش وقفه های دیگر را توسط خطوط برنامه فراهم کرد. اما این یک امر زمان بر است و برای کاربردهای بسیار سریع ممکن است جوابگوی نیازهای برنامه نباشد. در AVR تنها یک نوع اولویت بر اساس آدرس بردارهای وقفه وجود دارد و در هنگام درخواست توام تقاضای وقفه توسط چند منبع، اولویت با منبع درخواست کننده ای است که آدرس بردار وقفه آن کوچکتر باشد. این نوع تعریف اولویت به هیچ وجه پاسخگوی نیازهای برنامه نویسی در کاربردهای سریع نیست و ضعف عمده ای برای AVR محسوب می شود.

در نقطه مقابل ۳ سطح اولویت در XMEGA قابل تعریف است که هر سطح بالاتر می تواند منجر به متوقف کردن روتین وقفه با سطح پائین تر اولویت شود و بعد از انجام روتین وقفه با اولویت بالاتر، مجدداً به وقفه با اولویت پائین تر برگشت می شود و انجام آن تکمیل می شود. همچنین امکان غیر فعال کردن گروهی از وقفه ها با اولویت یکسان وجود دارد و برای هر سطح از اولویت وقفه ها، کنترل جداگانه ای از نظر فعال بودن در نظر گرفته شده است.

به غیر از این ۳ سطح اولویت که توسط نرم افزار قابل تعریف هستند، Non Maskable Interrupt یا NMI به عنوان یک وقفه با بالاترین اولویت در نظر گرفته شده که در حالت خاصی رخ می دهد که اسپلاتور کریستالی یا خارجی به هر دلیلی از کار بیافتد و کلاک سیستم بصورت خودکار از اسپلاتور داخلی ۲ مگاهرتز تامین شود. این سطح از وقفه از بالاترین اولویت برخوردار است و هر یک از ۳ سطح وقفه معمول سیستم را متوقف می کند.

بین وقفه های هم اولویت همچنان مسئله تقدم بر اساس آدرس بردار وقفه برقرار است و اگر چنین وقفه هایی با یکدیگر درخواست شوند، اولویت با وقفه ای خواهد بود که از آدرس بردار وقفه کوچکتری برخوردار است. به این نوع اولویت در اصطلاح Static گفته می شود. علاوه بر این در پائین ترین سطح اولویت وقفه ها امکان فعال سازی بررسی اولویت بصورت Round-Robin وجود دارد. در این روش ملاک کمتر بودن آدرس بردار وقفه، به صورت چرخشی تغییر می کند و اگر به وقفه ای توسط CPU پاسخ داده شد، در نوبت بعدی در انتهای صف پاسخ گویی قرار می گیرد. در صورت درخواست مجدد وقفه پاسخ داده شده به همراه یک وقفه دیگر، به وقفه با آدرس بزرگتر ترتیب اثر داده می شود. در این شرایط احتمال اینکه به وقفه ای پاسخ داده نشود از بین می رود و تمامی وقفه های هم اولویت در صف پاسخگویی قرار می گیرند.

ADC

تفاوت‌های زیادی بین ADC داخلی خانواده XMEGA با AVR های معمولی وجود دارد که شاخص ترین آن دقت و سرعت تبدیل آن است. در خانواده XMEGA حداکثر دو واحد ADC روی پورت های A و B وجود دارد که هر واحد دارای ۴ کانال اندازه گیری می باشد. از طریق این ۴ کانال، ۴ اندازه گیری همزمان با مکانیزم Pipeline قابل انجام است که امکان رسیدن به سرعت ۲ میلیون نمونه در ثانیه (2MSPS) را ایجاد می کند. حداکثر کلاک برای سری A برابر ۲ مگاهرتز و برای سری D برابر ۱.۴ مگاهرتز است. این کلاک از طریق تقسیم CLKPER با یک تقسیم کننده برنامه پذیر محقق می شود. شروع یک تبدیل جدید می تواند بوسیله فرمان نرم افزاری و یا Event system انجام بپذیرد. در مد Free Run فرمان تبدیلات متوالی بصورت خودکار و یکی پس از دیگری صادر می شود. از زمان شروع فرمان تبدیل تا آماده شدن نتیجه در کانال مربوطه، ۵ کلاک به ازای دقت ۸ بیت و ۷ کلاک به ازای دقت ۱۲ بیت زمان صرف می شود. اگر طبقه تقویت ولتاژ هم انتخاب شده باشد، یک کلاک به این مقادیر افزوده می شود. در پایان این زمان flag مربوط به وقفه فعال می شود که می تواند منجر به ایجاد وقفه گردد. در همین رابطه بحث Pipe Line بودن ADC اهمیت زیادی پیدا می کند. به این مفهوم که اگر فرمان تبدیل برای هر ۴ کانال بصورت توأم ایجاد شود، یک تقدم زمانی برای کانال های با شماره کوچکتر وجود دارد و به دلیل استفاده مشترک از سخت افزار ADC، بعد از آماده شدن نتیجه کانال اول، با تاخیر یک کلاک نتیجه کانال دوم و به همین ترتیب نتیجه دو کانال بعدی در رجیسترهای متناظر آنان ظاهر می شود. یکی از امکانات قابل ذکر در ADC وجود یک مکانیزم Compare است. به این معنی که مقدار هر کانال ADC با یک رجیستر مشخص مقایسه می شود و در صورتی که از آن بیشتر یا کمتر باشد، امکان ایجاد وقفه ای متناسب با شرایط تعریف شده بوجود می آید.

برای هر ADC به غیر از ورودی های آنالوگ خارجی، امکان اندازه گیری برخی منابع داخلی هم وجود دارد. منابع داخلی قابل اندازه گیری به شرح زیر هستند:

۱- خروجی سنسور دمای داخلی

۲- VCC/10

۳- Bandgap voltage

۴- خروجی DAC

اندازه گیری هر ۴ کانال باید بصورت علامت دار (Signed) یا بدون علامت (Unsigned) انجام شود. دقت اندازه گیری هم می تواند ۸ یا ۱۲ بیتی تعریف شود که برای هر ۴ کانال مشترک است. ولتاژ مرجع برای اندازه گیری می تواند بصورت داخلی و یا خارجی باشد که دو گزینه $VCC/1.6$ و یک ولتاژ $1.00V$ دقیق به عنوان مرجع داخلی و دو ورودی خارجی به عنوان مرجع قابل تعریف هستند.

هر کانال ADC قابلیت تعیین ورودی ها بصورت تکی (Single ended) یا تفاضلی (Differential) را دارد و این انتخاب می تواند بین کانال های یک ADC بصورت مستقل تنظیم شود. در وضعیت تفاضلی امکان تعریف یک ضریب تقویت در ورودی تا حداکثر ۶۴ وجود دارد و در خانواده XMEGA D امکان تعریف یک ضریب تضعیف $1/2$ هم وجود دارد. به عنوان یک جمع بندی، ۶ نوع اندازه گیری برای ADC به شرح زیر قابل تعریف است:

- 1- Unsigned single ended
- 2- Unsigned Internal
- 3- Signed single ended
- 4- Signed Internal

5- Signed differential 6- Signed Differential with Gain

تابع تبدیل ADC در اندازه گیری علامت دار (Signed) بصورت زیر است:

$$RES = \frac{V_{INP} - V_{INN}}{V_{REF}} * GAIN * TOP$$

در فرمول اخیر VINP ولتاژ اعمال شده به ورودی مثبت و VINN ولتاژ اعمال شده به ورودی منفی است. VREF مقدار ولتاژ مرجع انتخاب شده برای اندازه گیری است. مقدار GAIN می تواند بصورت توانهای ۲ و در محدوده ۱ تا ۶۴ باشد. در XMEGA A Manual برای مقدار TOP عدد ۲۰۴۷ برای دقت اندازه گیری ۱۲ بیتی ذکر شده است. این در حالی است که در Application note منتشر شده در اکتبر ۲۰۱۰، برای TOP مقدار ۲۰۴۸ در نظر گرفته شده که در همین رابطه مکاتبه ای از طرف نگارنده این مطلب با Atmel انجام شد و در نهایت همان عدد ۲۰۴۷ مورد تأیید قرار گرفت. برای دقت اندازه گیری ۸ بیت هم این عدد ۱۲۷ خواهد بود.

تابع تبدیل ADC در اندازه گیری بدون علامت (Unsigned) بصورت زیر است:

$$RES = \frac{V_{INP} + \Delta V}{V_{REF}} * TOP$$

در مورد TOP در فرمول بالا، باز هم تناقضی بین متن Application note و Manual وجود دارد که در این مورد هم با مکاتبه با Atmel عدد ۴۰۹۵ مورد تأیید قرار گرفت. در دقت اندازه گیری ۸ بیتی هم این عدد ۲۵۵ می باشد. ΔV در فرمول بالا دارای مقداری در حدود $0.05V_{REF}$ است و به این دلیل در فرمول آورده شده که ترکیب سخت افزاری در مد بدون علامت به گونه ای است که با فرض عدم وجود هرگونه Offset و به ازای ورودی صفر، در خروجی عددی در حدود ۲۰۰ ایجاد خواهد شد. در اندازه گیری بدون علامت با استفاده از این خاصیت می توان مقدار Offset موجود در مدار ADC را اندازه گرفت. زیرا وجود Offset منفی می تواند موجب کاهش خروجی واقعی نسبت به این عدد شود و بنابراین می توان از روی تفاضل خروجی ایده ال نسبت به مقدار واقعی به مقدار Offset دست پیدا کرد. حداکثر ولتاژ اعمال شده به هر ورودی ADC که منجر به رسیدن نتیجه تبدیل به حداکثر مقدار خود می شود در مد علامت دار به میزان VREF و در مد بدون علامت $V_{REF} - \Delta V$ خواهد بود.

سنسور دمای داخلی

یکی از امکانات خوب خانواده XMEGA، وجود یک سنسور دما در داخل IC است که خروجی آن از طریق ADC داخلی قابل اندازه گیری می باشد. ولتاژ خروجی این سنسور به گونه ای تغییر می کند که منحنی مشخصه آن در دمای صفر کلونین از مبدا مختصات عبور می کند. با این فرض و برای تکمیل مشخصه سنسور، یک اندازه گیری در دمای ۸۵ درجه سلسیوس (۳۵۸ درجه کلونین) در زمان پروسه ساخت میکروکنترلر انجام شده و در آدرس مشخصی از حافظه میکروکنترلر ذخیره شده است. با قرائت این مقدار توسط نرم افزار، معادله خط مورد نظر به عنوان مشخصه سنسور بدست می آید و از این طریق سایر دماها هم قابل محاسبه و اندازه گیری هستند. در محاسبه این مشخصه باید به دو نکته توجه شود. اول اینکه این اندازه گیری در مد بدون علامت انجام شده که جمله ΔV که در توضیحات ADC بدان اشاره شد، در محاسبه وجود دارد. مورد بعدی ولتاژ مرجع در اندازه

گیری است که از ولتاژ ۱.۰۰ ولت داخلی استفاده شده است. در صورت استفاده از ولتاژ مرجع دیگری به غیر از ۱.۰۰ ولت داخلی، این امر باید در محاسبات لحاظ شود.

از نکات قابل اشاره دیگر این است که کلاک ADC در اندازه گیری سنسور دمای داخلی، دارای محدودیت در مقدار است و نباید از ۱۲۵ کیلوهرتز فراتر رود. این محدودیت کلاک در اندازه گیری سایر منابع داخلی ADC هم وجود دارد و برای بدست آمدن یک نتیجه صحیح باید در اندازه گیری این منابع هم رعایت شود.

DAC

وجود مبدل دیجیتال به آنالوگ ۱۲ بیتی و با سرعت حداکثر ۱ میلیون تبدیل در ثانیه، از جمله مزیت هایی در خانواده XMEGA است که در خانواده AVR های معمولی به کلی وجود ندارد و زمینه را برای انجام عملیاتی که با تولید سیگنال های آنالوگ سر و کار دارند، فراهم می کند. در اینجا ذکر یک توضیح فنی لازم است که هرچند با قرار دادن یک فیلتر پائین گذر در خروجی PWM می توان سیگنال های آنالوگ را تولید کرد. اما حداکثر فرکانس این سیگنال آنالوگ باید تفاوت قابل توجهی با فرکانس PWM داشته باشد تا بتواند توسط فیلتر پائین گذر و با دقت بالا، جداسازی شود. حداکثر فرکانس PWM قابل حصول برای AVR در مد fast PWM و با فرض کلاک ۲۰ مگاهرتز و ۸ بیتی بودن PWM، برابر ۷۸.۱۲۵ کیلوهرتز است. بنابراین تغییرات سیگنال آنالوگ تولید شده توسط PWM باید بسیار کمتر از این باشد تا بتواند به خوبی جدا شود. اما وجود DAC، زمینه را برای کاربردهایی مانند تولید صدای خروجی بصورت استریو و یا تولید سیگنال های آنالوگ با فرکانس نسبتا بالا را برای XMEGA فراهم می کند.

هر واحد DAC دارای دو خروجی مستقل آنالوگ است که هر یک رجیستر دیتای خاص خود را دارند. در گروه با پسوندها A3 و A4 یک واحد DAC و در گروه A1 دو واحد DAC (با ۴ خروجی مستقل آنالوگ) وجود دارند. در شرایط ایده آل واحد DAC دارای دقت ۱۲ بیت و سرعت خروجی 1MSPS است. هر واحد DAC می تواند در دو وضعیت تک خروجی (channel Single) و یا دو خروجی (Dual channel) تنظیم شود که حداکثر دقت و سرعت موجود در شرایط استفاده از همان وضعیت اول است و سرعت خروجی در وضعیت دوم کاهش می یابد. ولتاژهای مرجع قابل انتخاب می توانند یکی از گزینه های ولتاژ مرجع داخلی 1.00v و AVcc و REFA یا REFB باشند. در همین رابطه برای مشاهده شرایط عملکرد صحیح DAC و ADC، مراجعه به بخش Errata در انتهای Datasheet هر خانواده ضروری است. عملیات تبدیل DAC می تواند با نوشتن مقدار رجیستر Data مربوطه و یا با فرمان Event system انجام بپذیرد. همچنین بخش DAC وقفه یا Event تولید نمی کند، اما از طریق وجود دو Flag برای هر DAC می توان به آمادگی رجیسترهای مربوطه برای نوشتن Data پی برد. این Flag ها می توانند برای فرمان به DMA هم بکار گرفته شوند. برای تولید سیگنال های آنالوگ با فرکانس نسبتا بالا از طریق قرار دادن متوالی دیتا در ورودی DAC، امکان بهره گیری از DMA داخلی XMEGA وجود دارد و در این شرایط بدون مشغول کردن بیجهت CPU، عملیات تولید سیگنال آنالوگ به خوبی انجام می شود.

برای استفاده دقیق تر از DAC باید عملیات کایبره کردن آن بصورت نرم افزاری انجام شود. در همین رابطه دو رجیستر به اسامی GAIN و OFFSET وجود دارند که برای مقاردهی صحیح به آنها باید خروجی DAC بصورت داخلی به ورودی ADC متصل شود و با یک الگوریتم مشخص و بر اساس مقدار قرائت شده از ADC، مقادیر این دو رجیستر به شیوه مناسب تغییر داده شود. در نسخه های موجود XMEGA و با توجه به اطلاعات موجود در بخش Errata، برای رسیدن به حداکثر دقت در DAC باید اولاً از مد Single channel استفاده شود و دوم اینکه ولتاژ مرجع کوچکتر از ۲.۴ ولت و ۰.۶ Vcc باشد.

مقایسه کننده آنالوگ

مقایسه کننده های آنالوگ در AVR های معمولی به تعداد یک عدد موجود است (به غیر از برخی شماره های بسیار خاص مانند ATMEGA64M1 automotive) . ورودی مثبت این مقایسه کننده در AVR می تواند از یک پین مشخص ورودی یا یک ولتاژ مرجع داخلی و ورودی منفی هم از یک پین مشخص ورودی یا پین های متصل به ADC فرمان بگیرد. خروجی این مقایسه کننده هم به غیر از تولید وقفه می تواند به عنوان فرمان Capture مربوط به TIMER1 بکار رود. در XMEGA حداکثر ۴ مقایسه کننده آنالوگ روی پورت های A و B وجود دارند که امکان مقایسه سریع دو سیگنال آنالوگ را فراهم می کنند. ورودی مثبت مقایسه کننده، امکان اتصال به پین های ۰ تا ۶ پورت و خروجی DAC را دارد. به ورودی منفی، پین های ۰ و ۱ و ۳ و ۵ و ۷ و خروجی DAC و ضریبی از Vcc در محدوده 1/64 تا 1 و ولتاژ داخلی Bandgap قابل اتصال است. از نظر خروجی، پین شماره ۷ از پورت قابلیت اتصال به خروجی یکی از مقایسه کننده ها را دارد. در شکل های متون Atmel، این پین به اشتباه پین صفر نمایش داده شده که توسط نویسندگان این مطلب به اطلاع بخش پشتیبانی آن شرکت رسانده شده است. تغییرات خروجی مقایسه کننده ها می تواند منجر به ایجاد وقفه و Event در لبه بالارونده یا پائین رونده یا هر دو لبه گردد. امکان تغییر عرض باند هیستریزس و تاخیر انتشار مقایسه کننده هم از جمله امکانات قابل ذکر در مقایسه کننده های آنالوگ می باشد.

یکی از امکانات دیگر این مقایسه کننده ها Window mode است که در محدوده ای از ولتاژ ورودی، امکان ایجاد وقفه یا Event را فراهم می کند. در این حالت باید دو مقایسه کننده بکار گرفته شوند و ورودی های مثبت آنها به یکدیگر و به ولتاژ مورد سنجش متصل شوند. دو ورودی منفی هم به ولتاژهای محدوده بالا و پائین Window مورد تعریف، وصل می شوند. با فعال سازی و تنظیم Window در یکی از ۴ وضعیت بالاتر از محدوده بالایی پنجره، بین دو محدوده، خارج از دو محدوده و پائین تر از حد پائین، وقفه و Event ایجاد می شود.

مقایسه کننده های آنالوگ در ترکیب با خروجی DAC می توانند بسیار سریع تر از ADC برای تشخیص بزرگتر یا کوچکتر بودن سیگنال مورد سنجش نسبت به یک Setpoint مشخص، عمل کنند و این مسئله کاربرد ویژه ای را برای آنها در مدارات سوئیچینگ و کنترل جریان ایجاد می کند.

DMA controller

کنترل کننده DMA (Direct Memory Access) برای انتقال اطلاعات بین نواحی مختلف حافظه و رجیسترهای داخلی بکار می رود و بکارگیری صحیح آن، باعث کاهش بار پردازشی است که می تواند برای انتقال این اطلاعات به CPU تحمیل شود. وجود امکاناتی نظیر DMA و Event system در داخل XMEGA سبب می شود که کارایی و سرعت انجام عملیات در مقایسه با AVR های معمولی به شکل چشمگیری افزایش پیدا کند و در شرایطی که در AVR انجام هر عملی باید با دخالت مستقیم CPU انجام شود، در XMEGA عملیات مختلف می توانند بصورت کاملاً موازی و بدون مشغول کردن CPU به انجام برسند. بنابراین راندمان اجرای نرم افزار با کمک سخت افزار بسیار بالا می رود و شاید بتوان مثال هایی را مطرح کرد که برای یک XMEGA با کلاک ۲۰ مگاهرتز قابل انجام باشد ولی انجام آن در همان زمان برای یک AVR معمولی، اگر بجای ۲۰ مگاهرتز مثلاً ۱۰۰ مگاهرتز هم کلاک قابل اعمال کردن بود، مقدور نباشد.

۴ کانال DMA مستقل در XMEGA وجود دارد که می توانند اطلاعات را در بلوک هایی با سایز قابل تعریف جابجا کنند و امکان تعریف اولویت (priority) هم بین این کانال ها وجود دارد. برای بیان لزوم استفاده از DMA می توان به این نکته اشاره نمود که به دلیل وجود سخت افزارهایی مانند ADC که می توانند تا ۲ میلیون نمونه را در یک ثانیه ایجاد کند، اگر قرار باشد برای ذخیره سازی هر یک این نمونه ها از روش وقفه استفاده شود، در عمل به دو میلیون وقفه در ثانیه منجر می شود که درصد

بالایی از توان پردازشی CPU را به خود اختصاص خواهد داد. اما DMA را می توان طوری برنامه ریزی کرد که تعداد معینی از نمونه های ADC را در محدوده مشخصی از حافظه ذخیره کند و در کل برای تمام این پروسه ذخیره سازی تنها یک وقفه ایجاد کند که به این ترتیب در تمام طول این ذخیره سازی، هیچ زمانی از CPU اشغال نخواهد شد.

EBI

EBI(External Bus interface)، واحد سخت افزاری اتصال به وسایل جانبی آدرس پذیر است که بطور خاص تا ۱۶ مگا بایت SRAM و ۱۲۸ مگابیت SDRAM را ساپورت می کند. این واحد عملیات Refresh کردن SDRAM را تحت کنترل نرم افزار به عهده می گیرد و از انواع ۴ و ۸ بیتی آن پشتیبانی می کند. واحد EBI بطور خاص از کلاک ۶۴ مگاهرتز را پشتیبانی می کند.

در پیکر بندی های مختلف واحد EBI، دو یا سه پورت بکار گرفته می شوند. در نوع اول با قرار دادن دو Latch در خروجی پورت A، از این پورت سیگنال های ۸ خط دیتا و ۱۶ خط آدرس ساخته می شود و خطوط کنترل هم از پورت H تامین می شوند. در پیکر بندی با استفاده از ۳ پورت، امکان تولید ۱۶ و ۲۴ بیت آدرس با استفاده از یک یا دو Latch وجود دارد و امکان اتصال به SDRAM هم در حالت دیتای ۴ بیتی و بدون استفاده از هر گونه Latch فراهم است. به غیر از حافظه ها، سایر وسایل جانبی که دارای Address Bus، Data Bus و سیگنال های کنترلی Read Enable و Write Enable و Chip select هستند (مانند LCDها، PPI و ...)، قابلیت اتصال به XMEGA از طریق EBI را دارند. واحد EBI تنها در سری های A1 وجود دارد.

RTC

واحد RTC(Real Time Counter) شامل یک شمارنده ۱۶ بیتی است که از یک کلاک مستقل فرمان می گیرد و مقدار حداکثر آن هم قابل تعیین است. از طریق یک Compare register به طول ۱۶ بیت هم امکان تعریف مقدار مشخصی وجود دارد که در صورت برابر شدن RTC با آن یک وقفه تولید شود. منابع کلاک برای RTC می تواند از اسپلاتور ۳۲.۷۶۸ کیلو هرتز خارجی یا دو اسپلاتور ۳۲.۷۶۸ کیلو هرتز یا ۳۲ کیلوهرتز داخلی تامین شود که اسپلاتور خارجی بصورت مستقیم یا تقسیم شده بر ۳۲ و اسپلاتورهای داخلی تنها بصورت تقسیم بر ۳۲ به عنوان منبع کلاک RTC قابل انتخاب است. در ورودی RTC هم یک prescaler قابل برنامه ریزی ۱۰ بیتی وجود دارد که می تواند تا ضریب تقسیم ۱۰۲۴ را برای تقسیم کلاک ورودی انتخاب کند. بنابراین در حداکثر ضریب تقسیم کلاک ورودی، RTC قابلیت تولید زمانی بیش از ۱۸ ساعت را دارد. امکان قرار گرفتن در Event System هم برای RTC وجود دارد و از سرریز یا شرایط Compare آن می توان به عنوان یک Event استفاده کرد.

Battery backup system و RTC32

یک RTC به طول ۳۲ بیت است که مقدار حداکثر آن قابل تعیین و دارای یک Compare register به طول ۳۲ بیت است. کلاک این واحد فقط از اسپلاتور ۳۲.۷۶۸ کیلوهرتز خارجی تامین می شود و این امکان وجود دارد که یک ضریب تقسیم ۳۲۷۶۸ یا ۳۲ به این کلاک اعمال شود. بنابراین دو کلاک با مقادیر ۱ و ۱۰۲۴ هرتز برای RTC32 قابل انتخاب هستند. با یک محاسبه سرانگشتی می توان حساب کرد که RTC32 به ازای کلاک ۱ هرتز قادر است زمانی بیش از ۱۳۶ سال را ایجاد کند.

یک توانایی خاص موجود در برخی شماره های XMEGA، وجود پایه VBAT برای اتصال یک Battery backup به IC برای استفاده در مواقعی است که تغذیه اصلی IC قطع می شود. در این شرایط بصورت خودکار تغذیه RTC32 و اسبلا تور ۳۲۷۶۸ خارجی از طریق این باتری خارجی تامین می شود و عملیات زمان گیری تنظیم شده برای آن به شکل صحیحی به کار خود ادامه می دهد.

ATXMEGA256A3B یکی از این نمونه هاست که تا این تاریخ از طرف شرکت ATMEL معرفی شده است. در این شماره به جای PF5 که در ATXMEGA256A3 وجود دارد، ورودی VBAT پیش بینی شده و باتری مورد نظر به این پایه متصل و در زمان مقتضی از آن استفاده می شود و بعد از برگشت تغذیه اصلی مجدداً توان از طریق ولتاژ تغذیه تامین خواهد شد. مراجعه به اطلاعات IC مزبور نشان می دهد که مصرف جریان کشیده شده از باتری در هنگام قطع تغذیه اصلی تنها در حد ۰.۵ میکروآمپر است و این جریان بسیار پائین می تواند استفاده از باتری را جهت تغذیه IC و حفظ عملیات زمان گیری، برای مدتی طولانی تضمین کند.

SPI

در مورد مزیت های واحد SPI در خانواده XMEGA نسبت به AVR های معمولی می توان به مواردی اشاره کرد. از جمله تعداد SPI های موجود که حداکثر آن در XMEGA سری A1 به تعداد ۴ عدد SPI سخت افزاری روی پورت های C و D و E و F وجود دارند و هر یک بصورت مستقل می توانند عمل کنند. Bit Rate قابل تعریف در ۸ مقدار مختلف می تواند قرار داده شود و این در حالی است که در سری mega64 و mega128 این عدد ۷ مقدار مختلف است. ارتباط با DMA هم از مزیت های بارز SPI در XMEGA است که امکان یک ارتباط سریع و با حجم بالا با حافظه را برای ارسال و دریافت اطلاعات و بدون دخالت CPU فراهم می کند. واحد SPI تنها در مد Slave با DMA ارتباط برقرار می کند، اما برای ارتباط با DMA در مد Master می توان از قابلیت عملکرد USART به عنوان یک SPI در مد Master استفاده کرد و در این صورت ارتباط با DMA در این مد هم میسر خواهد بود.

TWI

از نظر تعداد تا ۴ واحد TWI سخت افزاری در سری A1 وجود دارند که روی پورت های C و D و E و F قابل فعال سازی هستند. از نظر عملکرد هم مزیت هایی در خانواده XMEGA وجود دارد که از جمله مهمترین آن پشتیبانی از SMBus علاوه بر پشتیبانی از I2C است. SMBus یا System Management Bus، یک استاندارد ارتباطی است که علیرغم شباهت هایی که با I2C دارد، اما تفاوت هایی هم مانند محدوده ولتاژها، جریان کشی، محدوده فرکانس و پارامتر های زمان بندی بین این دو استاندارد ارتباطی وجود دارد. در آدرس زیر توضیحاتی در این موارد ارائه شده است:

http://en.wikipedia.org/wiki/System_Management_Bus

در خانواده XMEGA با تنظیم رجیسترهای داخلی، هر دو استاندارد I2C و SMBus برای ارتباط پشتیبانی می شوند.

IRCOM و USART

در خانواده XMEGA حداکثر ۸ عدد USART وجود دارد که در مقایسه با AVR های معمولی که اکثرا از یک و حداکثر دو USART بهره می برند، تعداد بسیار بالاتری می باشد. از نظر دقت Baud Rate هم امکانی در XMEGA وجود دارد که Baud Rate های بسیار متنوع تری را می تواند در ارتباط تامین کند که طیف گسترده تری را نسبت به AVR های معمولی شامل می شود.

USART در خانواده XMEGA همچنین امکان ارتباط بصورت Master SPI را دارد و این امکان به غیر از سخت افزار مستقلی است که برای ارتباط SPI در این خانواده وجود دارد.

یکی از امکانات جالب XMEGA که در ارتباط با USART قرار گرفته، واحد IRCOM (InfraRed Communication Module) یا ماژول ارتباط مادون قرمز است که سخت افزار لازم برای ارتباط با پروتکل IrDA 1.4 تا نرخ ارتباط ۱۱۵۲۰۰ بیت در ثانیه را تامین می کند. این واحد سخت افزاری به همراه USART مورد نظر، پالس های لازم برای ارسال مادون قرمز را تولید می کند و پالس های دریافتی را هم به اطلاعات مناسب برای اعمال به ورودی USART، تبدیل می کند. DMA هم می تواند با USART ارتباط برقرار کند و تبادل اطلاعات را به صورت مستقیم به عهده بگیرد که این امکان در راستای کم شدن بار CPU و بالا بردن سرعت کلی اجرای برنامه پیش بینی شده است.

Flash

حافظه Flash در XMEGA به ۳ ناحیه Application Table و Application Table و Boot loader تقسیم می شود. ناحیه اول برای قرار گرفتن کدهای برنامه تعریف شده است. ناحیه دوم به عنوان محل قرار گرفتن اطلاعات و جداول برنامه در نظر گرفته شده و کدهای برنامه هم می تواند در آن برنامه ریزی شود. ناحیه سوم برای Boot loader تعریف شده که از طریق برنامه نوشته شده در درون آن و استفاده از دستور SPM می توان محتویات برنامه میکروکنترلر را تغییر داد. هر یک از این ۳ ناحیه برای خود Lock bit های جداگانه دارند که سطح امنیت آنها را بصورت مجزا تعریف می کند. به غیر از این ۳ مورد همچنین ۲ ناحیه دیگر به نامهای Production signature row و User signature row وجود دارند که در ناحیه اول یکسری پارامترهای ثابت مربوط به میکروکنترلر شامل شماره ID و Serial number مربوط به چیپ و مجموعه ای از ضرایب لازم برای تنظیم بخش های مختلف توسط کارخانه سازنده قرار داده شده است. این ناحیه قابل پاک کردن و برنامه ریزی نیست و مقادیر آن فقط می تواند توسط برنامه خوانده شود.

ناحیه User signature row برای قرار دادن ضرایب و مقادیر لازم توسط user مانند اطلاعات serial number و مانند آن پیش بینی شده و خاصیت آن این است که با فرمان Chip erase مانند flash پاک نمی شود و مقادیر آن محفوظ می ماند و برای پاک کردن آن نیاز به طی مراحل مخصوص به این ناحیه است.

NVM controller

NVM controller واحد کنترل و نظارت برای دسترسی به حافظه Flash و EEPROM و Lock bits و Fuse bits می باشد. تغییر محتوای هر یک از این نواحی بوسیله کنترل کننده NVM انجام پذیر است و از جمله بحث پروگرام کردن XMEGA و تغییر محتوای Flash توسط Boot Loader از طریق این واحد انجام می شود. یکی از امکانات قابل ذکر در این رابطه، امکان قطع Power مربوط به EEPROM و ناحیه application یا Boot Loader مربوط به Flash است که این کار به منظور

حداکثر صرفه جویی در توان مصرفی توسط XMEGA پیش بینی شده است. مدهای عملکرد EEPROM داخلی هم توسط این کنترلر تعیین می شود که در توضیحات مربوط به EEPROM بیان خواهد شد.

SRAM

رجیسترهای R0-R31 در AVR های معمولی در داخل فضای SRAM تعریف می شوند و آدرس 0X00 در حافظه SRAM در واقع همان رجیستر R0 است. همچنین از آدرس 0X20 به بعد، رجیسترهای کنترل کننده سخت افزار قرار می گیرند و تا ۶۴ بایت توسط دستورات IN و OUT قابل دسترسی هستند. این ۶۴ بایت عملاً دارای دو آدرس مختلف هستند. آدرس اول که در محدوده 0X00-0X3F است و توسط دستورات IN و OUT قابل دسترسی است و آدرس دوم که به عنوان SRAM با آن برخورد می شود و در محدوده 0X20-0X5F است. برای دسترسی از این طریق دوم باید از مجموعه دستورات LDS/LD/LDD و STS/ST/STD استفاده شود. به عنوان مثال اگر مقدار مشخصی در R16 قرار بگیرد، حاصل دستورات OUT 0X00,R16 با STS 0X20,R16 به یک نتیجه منتج خواهد شد. بعد از فضای رجیسترهای کنترل کننده سخت افزار، مکان های مورد دسترس برای ذخیره سازی عمومی اطلاعات قرار دارند که آدرس این فضا برای هر شماره از خانواده AVR های معمولی متفاوت است.

اما در خانواده XMEGA این معماری به کلی تغییر کرده و اولین آدرس SRAM ربطی به رجیستر R0 ندارد و دارای یک هویت مستقل از رجیستر R0 است. در این خانواده اولین آدرس آزاد برای ذخیره سازی اطلاعات در آدرس 0X2000 قرار دارد و این عدد برای تمام اعضای سری XMEGA A مشترک است. محدوده آدرس 0X1000-0X1FFF هم برای دسترسی به EEPROM اختصاص داده شده است. محدوده آدرس 0X000-0XFFF به عنوان I/O Memory شناخته می شود که کلیه رجیسترهای کنترل کننده سخت افزار در این ناحیه واقع شده اند. ۱۶ بایت ابتدای این ناحیه عملاً برای انجام عملیات در اختیار برنامه نویس قرار داده شده اند که به نام General Purpose I/O Registers یا GPIO نامیده می شوند. با توجه به اینکه دستورات SBI و CBI و SBIC و SBIS که برای انجام عملیات روی بیت ها هستند تنها روی آدرس های 0X00-0X1F عمل می کنند، به همین دلیل فضای GPIO برای تعریف Flag ها و امکان دسترسی سریع به بیت های آنها اختصاص داده شده و در اختیار برنامه نویس می باشد. پورتهای مجازی هم در ادامه همین ناحیه ۳۲ بیتی قرار گرفته اند تا بتوان دسترسی کاملی را روی آنها بدست آورد. پس ۳۲ بایت اول آدرس ها در اختیار GPIO و پورتهای مجازی است و دستورات IN و OUT و SBI و CBI و SBIC و SBIS همگی روی این ناحیه عمل می کنند. در ۳۲ بایت دوم که فقط دستورات IN و OUT روی آن عمل می کنند، یکسری رجیسترهای مهم و مرتبط با CPU مانند CPU_SREG قرار دارند. از آدرس 0X40 به بعد هم سایر رجیسترهای کنترل کننده سخت افزار قرار می گیرند که بسیار متنوع و متعدد هستند و دسترسی به آنها مانند سایر نقاط SRAM است و ویژگی خاصی ندارند.

برای انتقال برنامه هایی که برای AVR های معمولی نوشته شده به خانواده XMEGA باید به این تفاوت های بنیادی توجه شود تا نرم افزارها قابل تبدیل و استفاده شوند. یک نکته مهم در اینجا قابل ذکر است و آن تفاوت نوشتن اطلاعات در رجیسترهای ۱۶ بیتی کنترل کننده سخت افزار در دو خانواده است. در خانواده AVR برای نوشتن اطلاعات در این رجیسترهای ۱۶ بیتی باید حتماً بایت با ارزش بالاتر در ابتدا نوشته شود و بعد از آن بایت با ارزش پائین تر نوشته شود. این روال برای خواندن اطلاعات برعکس است و ابتدا باید بایت با ارزش پائین تر خوانده شود.

اما در خانواده XMEGA برای نوشتن رجیسترهای ۱۶ بیتی کنترل کننده سخت افزار هم باید ابتدا بایت با ارزش پائین تر نوشته شود و از این نظر تفاوت اساسی بین XMEGA و AVR های معمولی وجود دارد.

EEPROM در XMEGA در دو وضعیت I/O mapped و Memory mapped عمل می کند. در روش اول این فضا برای خود دارای آدرس مستقلی است و خواندن و نوشتن آن تنها از طریق NVM Controller میسر است. در روش دوم این نوع حافظه از آدرس 0x1000 تعریف می شود و برای خواندن آن مانند سایر نقاط SRAM عمل می شود، اما نوشتن به آن همچنان مستلزم کار با NVM Controller و البته به شیوه ای غیر از وضعیت اول است. کار با EEPROM مستلزم رعایت نکات زیادی است و از این نظر از AVR های معمولی پیچیده تر است. نوشتن به EEPROM اصولاً از طریق یک بافر انجام می شود و ابتدا باید نقاط مورد نظر در این بافر پر شود و بعد یک page بصورت همزمان نوشته شود. نکته مهم این است که نقاطی از page مذکور می توانند نوشته یا پاک شوند که یکبار در بافر مذکور تغییر کرده باشند و سایر نقاط در همان page بدون تغییر باقی می مانند. طول page برای شماره های مختلف می تواند متفاوت باشد.

عملیات پاک کردن هر نقطه منجر به پر شدن 0xff در آن می شود و با نوشتن، می توان تنها یک ها را به صفر تبدیل کرد و صفر را نمی توان با نوشتن به یک تبدیل کرد. دو نوع نوشتن در این خانواده پیش بینی شده که در نوع اول نقاط حافظه همزمان پاک و مجدداً نوشته می شود و در نوع دوم با فرض اینکه حافظه قبلاً پاک شده، فقط عملیات نوشتن انجام می شود. از آنجایی که روش دوم به اندازه نصف روش اول زمان می برد، یک مزیت آن صرفه جویی در زمان لازم برای نوشتن است. به این ترتیب که یکبار عملیات پاک کردن صفحه بصورت همزمان انجام می شود و در حین اجرای برنامه، در هر لحظه که لازم باشد فقط عملیات نوشتن انجام می شود. از جمله موارد مهم درباره EEPROM این است که در برخی شماره های XMEGA، نوشتن در آن منجر به مختل شدن روند برنامه می شود. شرکت Atmel برای حل این مشکل پیشنهادی را ارائه کرده به این ترتیب که بعد از نوشتن اطلاعات و در کمتر از ۲.۵ میکروثانیه، میکروکنترلر در وضعیت Idle قرار بگیرد و برنامه به گونه ای نوشته شود که با فعال شدن وقفه EEPROM Ready، میکروکنترلر از این وضعیت خارج شود. برای اجرای این مسئله یک Application note و کد نمونه آن در سال ۲۰۱۰ منتشر شده که در سایت Atmel موجود است.

رمزنگاری

در کاربردهایی مانند سیستم های پولی و بانکی یا نظامی، لازم است اطلاعات حساس در هنگام ذخیره سازی و یا ارسال و دریافت، رمزنگاری شوند تا محتویات واقعی اطلاعات از دید ناظران غیرمجاز مخفی بماند. به این عملیات در اصطلاح Encryption گفته می شود. همچنین برای برگرداندن محتویات کد شده اطلاعات به وضعیت اصلی باید روند معکوس روی دیتا انجام شود تا اطلاعات اولیه بازیابی شوند. به عملیات بازیابی اطلاعات Decryption یا رمزگشایی گفته می شود. پروسه های Encryption و Decryption اصولاً عملیات زمانبری هستند و در بسیاری مواقع لازم است که بصورت Online انجام شوند و همانطور که اطلاعات بصورت متوالی ارسال یا دریافت می شود، این عملیات هم روی محتویات اطلاعات انجام پذیرند. از جمله ویژگی های بسیار مهم خانواده XMEGA، انجام دو الگوریتم رمزنگاری DES و AES است که انجام آن بصورت سخت افزاری در این خانواده پیش بینی شده است. از نظر سطح امنیت، روش AES در مرتبه بسیار بالاتری نسبت به DES قرار دارد و امنیت آن به حدی است که دستیابی به اطلاعات اصلی تقریباً امکان ناپذیر است و حالات ممکن برای برای رسیدن به اطلاعات اصلی به حدی زیاد است که لازم است هزاران پردازنده برای امتحان همه حالت ها بکار گرفته شوند. روش DES هم از سطح امنیت بسیار خوبی برخوردار است و برای رمزنگاری و رمزگشایی با این روش، یک دستور خاص در مجموعه دستورات XMEGA

اضافه شده است. وجود این امکان در XMEGA می تواند ویژگی خاصی را برای استفاده در کاربردهای مخابراتی و نظامی برای این خانواده ایجاد کند و از این جهت خاص بر بسیاری از میکروکنترلرهای موجود در دنیا برتری دارد.