

میکروکنترلرها و سیستم های جا سازی شده

در فصل قبل با پردازنده ها به عنوان یک گزینه مناسب و انعطاف پذیر برای طراحی بخش پردازشگر سیستم های کنترلی آشنا شدید. اما هدف ما در این کتاب پرداختن به میکروکنترلرها به عنوان پردازشگر سیستم های کنترلی است. در این فصل به بررسی تفاوت های پردازنده ها و میکروکنترلرها خواهیم پرداخت و در فصول آینده به طور کامل به میکروکنترلر ۸۰۵۱ خواهیم پرداخت.

تحلیل کارایی سیستم های مبتنی بر پردازنده

سیستم های کنترلی مبتنی بر پردازنده در زندگی امروز جایگاه مهمی دارند. کامپیوترها به عنوان مهمترین سیستم های مبتنی بر پردازنده نقش مهمی در صنایع و نیز زندگی روزمره انسانها ایفا می کنند.

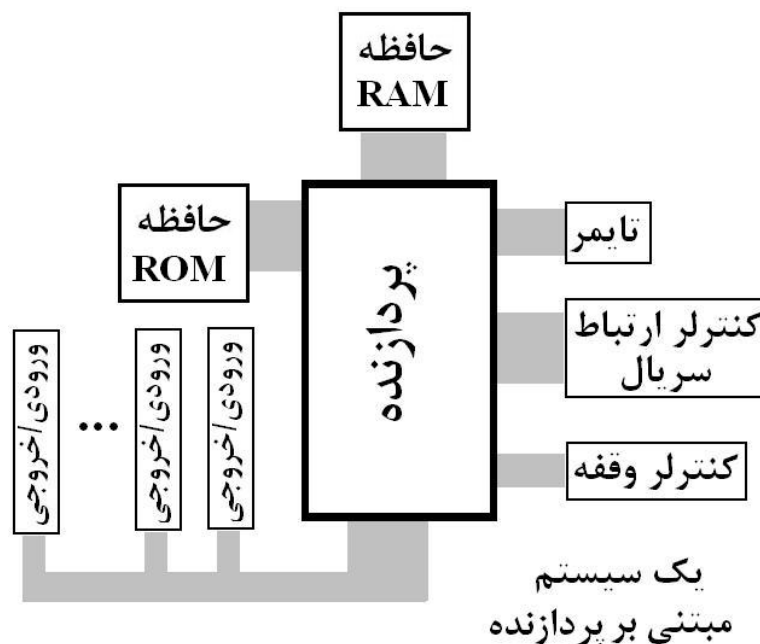
اما آیا پردازنده ها گزینه خوبی برای طراحی هر سیستم کنترلی هستند؟ برای روشن تر شدن بحث مثالی می آوریم؛ شما با دستگاه کنترل از راه دور تلویزیون آشنا هستید؛ دستگاه ساده ای که مثلاً با فشار یک دکمه روی آن که باعث تولید امواج خاصی می شود، کانال تلویزیون را عوض می کند.

دستگاه کنترل از راه دور مثالی از سیستم های کنترلی است : بخش ورودی آن دکمه ای روی دستگاه است که آن را فشار می دهید و خروجی آن امواجی است که براساس دکمه فشرده شده تولید و باعث عکس العمل خاصی در تلویزیون می شوند.

فرض کنید بخش پردازشگر این دستگاه را می خواهیم با استفاده از یک پردازنده طراحی کنیم. طبیعی است که در درجه اول به یک تراشه پردازنده نیاز داریم؛ اما پردازنده یک مغز کنترلی است و به خودی خود نمی تواند کاری انجام دهد؛ پس باید یک برنامه کنترلی به آن بدهیم. این برنامه کنترلی شامل دستوراتی است که باعث می شود پردازنده مرتباً کلیدهای روی دستگاه کنترل از راه دور را بررسی کند و با فشرده شدن هر یک از آنها، عکس العمل مناسب را نشان دهد (امواج مناسب را تولید کند). پس برای ذخیره کردن این برنامه به یک تراشه حافظه هم نیاز داریم. صفحه کلید و نیز

مدار تولید کننده امواج خروجی نیز هرکدام به تراشه خاص ورودی/خروجی نیاز دارند تا ارتباط آنها با پردازنده منظم باشد.

بعلاوه این سیستم نسبتاً ساده است؛ اگر بخواهیم امکانات زمانبندی خاص به این سیستم اضافه کنیم باید یک تراشه تایمر در سیستم جای داده شود. برای بهره بردن از ارتباط سریال به یک تراشه ارتباط سریال نیاز داریم و ...



می بینید که برای یک کار نسبتاً ساده باید سیستم مفصلی طراحی کنیم که شاید نیازی به بسیاری از قابلیت های آن که از همه مهمتر قدرت پردازشی پردازنده است (که معمولاً بسیار بالاست)، نباشد.

به بیان دیگر این سیستم که مبتنی بر پردازنده است، با وجودی که از نظر فنی دارای قابلیت های بالایی است، اما برای طراحی سیستم های کنترلی معمولی، به ویژه سیستم هایی که برای انجام یک (یا تعداد محدودی) منظور خاص طراحی می شوند (به این سیستم ها، سیستم های جا سازی شده (*Embedde Systems*) می گویند) مناسب نیست؛ چون :

- این سیستم به دلیل استفاده از تراشه های گوناگون و نیز طراحی پیچیده، قیمت گرانی دارد.
- طراحی، اشکالزدایی، نگهداری و ... این سیستم پیچیده و هزینه بر است.
- به دلیل استفاده از تراشه های گوناگون جای زیادی اشغال می کند.
- توان مصرفی مجموع اجزای آن بالاست.

- از همه مهمتر برای طراحی یک سیستم که به قدرت پردازش بالا در شرایط کاری گوناگون نیازی ندارد، استفاده از چنین سیستم مفصل و پرهزینه ای منطقی نیست.

میکروکنترلرها

میکروکنترلرها در این موارد گزینه مناسبی هستند.

میکروکنترلر تراشه ای است که پردازنده، حافظه، پورت ورودی/خروجی، تایمر، کنترلر ارتباط سریال و ... را دربرمی گیرد. در واقع میکروکنترلر، خود یک سیستم کنترلی کوچک است؛ به همین خاطر گاهی آن را سیستم روی تراشه^۱ می نامند.



یک تراشه میکروکنترلر

میکروکنترلرها برای طراحی سیستم های کنترلی که به امکانات مفصل نیازی ندارند (به ویژه سیستمهای جاسازی شده) گزینه مناسبی هستند.

میکروکنترلرها :

- ارزان هستند.
- فضای کمی را اشغال می کنند.
- نگهداری سیستم های مبتنی بر آنها ساده است (چون در صورت بروز مشکل می توان به راحتی تراشه میکروکنترلر را تعویض کرد).
- توان مصرفی آنها پایین است.

^۱ System On Chip : SOC

- اتصالات سیستم های مبتنی بر آنها، نسبت به سیستم های پردازنده ای بسیار کمتر است که باعث پایین آمدن خطای پیاده سازی سیستم می شود.

البته میکروکنترلرها معایبی نیز دارند :

- از نظر سیستمی قابل انعطاف نیستند؛ چون مقدار ROM و RAM، تعداد پورتهای ورودی/خروجی، تعداد تایمرها و ... در تراشه میکروکنترلر جا داده شده و ثابت است و نمی توان آنها را بر حسب نیاز های سیستم تغییر داد.
- در صورتی که یکی از اجزاء داخلی میکروکنترلر مثلاً ROM آن خراب شود، دیگر نمی توان از میکروکنترلر استفاده کرد و باید تعویض شود.
- به نوعی می توان گفت نگهداری سیستم های مبتنی بر پردازنده از نگهداری سیستمهای میکروکنترلی ساده تر است؛ چون در صورت بروز مشکل می توان تک تک اجزاء یک سیستم مبتنی بر پردازنده را امتحان و از صحت عملکرد آنان اطمینان حاصل نمود؛ در حالی که تنها راه رفع مشکل یک سیستم میکروکنترلی، تعویض میکروکنترلر آن است (البته این موضوع در صورت ارزان و در دسترس بودن میکروکنترلر، مزیت یک سیستم میکروکنترلی محسوب می شود).

بنابر آنچه گفته شد، برای طراحی یک سیستم کنترلی برنامه پذیر دو راه پیش رو داریم:

- ◆ استفاده از سیستم های مبتنی بر پردازنده که به دلیل پیچیده و گران بودن معمولاً در جاهایی که نیاز به پردازشهای مفصل وجود دارد مورد استفاده قرار می گیرند. مثلاً وقتی می خواهیم شکل یک ورق آهن را از طریق دوربین و پردازش تصویر مورد بررسی دقیق قرار دهیم تا نقاط غیرعادی آن را بیابیم، چاره ای جز استفاده از یک سیستم پردازنده ای و به بیان دقیق تر یک کامپیوتر صنعتی دقیق و پر قدرت با سرعت بالا نیست.
- ◆ راه دیگر استفاده از میکروکنترلرها است که می توانند در مواردی که پردازش نه چندان پیچیده با ورودی/خروجیهای محدود و معمولی مورد نظر است، استفاده شوند.

سیستم های جا سازی شده

همانطور که گفته شد به سیستم هایی که برای انجام یک یا چند وظیفه محدود ساخته شده اند، سیستم های جا سازی شده گفته می شود. کلمه "جا سازی شده" به جا دادن این وظایف در یک

سیستم اشاره دارد. از جمله این سیستم ها می توان به ماشین زیراکس، ماشین لباسشویی، چاپگر، صفحه کلید کامپیوتر، دستگاه کارت خوان و ... اشاره کرد.

سیستم های جا سازی شده در مقابل سیستم هایی با استفاده عمومی (مانند کامپیوترها) قرار می گیرند که می توانند بر حسب برنامه ای که کاربر روی آنها اجرا می کند، اعمال مختلفی را انجام دهند.

همانطور که حدس می زنید طراحی سیستم های جا سازی شده با میکروکنترلرها معقول تر از پردازنده هاست؛ چون سیستم های فوق معمولاً نیازی به پردازشهای زیاد و قابلیت انعطاف و برنامه پذیری بالا ندارند (البته در مواردی سیستم های جا سازی شده که نیاز به پردازشهای بسیار مفصل دارند مانند سیستم خودپرداز بانک ها با پردازنده ها طراحی می شوند).

در دنیای کنونی بحث جدا کردن وظایف سیستمی و طراحی سیستم های تک منظوره با قابلیت اطمینان و عملکرد مناسب (که اصطلاحاً *Embedded Engineering* نامیده می شود)، یکی از رشته های رو به پیشرفت مهندسی سخت افزار به شمار می رود. هم اکنون طراحی سیستم هایی به صورت جاسازی شده مورد بحث قرار دارد که تا چند سال پیش حتی تصور آن نیز نمی رفت. یکی از جالب ترین این سیستم ها، اینترنت جا سازی شده^۱ است. رفته رفته میکروکنترلرها به قابلیت اتصال به اینترنت و وب مجهز می شوند؛ به طوریکه می توان از طریق اینترنت از هر جای دنیا یک سیستم را به سادگی کنترل کرد.

بنابراینچه گفته شد، از این پس بحث خود را بر میکروکنترلرها متمرکز می کنیم. از میان میکروکنترلرهای متنوعی که در بازار جهانی وجود دارند، میکروکنترلر ۸۰۵۱ به جهت ساختار ساده، قابلیت استفاده راحت، دارا بودن محصولات بسیار متنوع (حدود ۴۰۰ میکروکنترلر مختلف که همگی بر پایه ۸۰۵۱ ساخته شده اند) و نیز از نظر آموزشی از جایگاه ویژه ای برخوردار است. این کتاب به آموزش امکانات سخت افزاری و برنامه نویسی ۸۰۵۱ اختصاص داده شده است.

معیارهای انتخاب یک میکروکنترلر برای یک سیستم

هرچند این کتاب به میکروکنترلر ۸۰۵۱ اختصاص دارد، اما برای طراحی یک سیستم کنترلی، ۸۰۵۱ تنها گزینه نیست. پیش از اینکه وارد بحث میکروکنترلر ۸۰۵۱ شویم، به جاست معیارهای مهم انتخاب یک میکروکنترلر برای طراحی یک سیستم کنترلی را بررسی کنیم.

از مهمترین این معیارها می توان به موارد زیر اشاره کرد :

^۱ *Embedded Internet*

- مهمترین معیار، امکانات میکروکنترلر است؛ برحسب نیازهای سیستم مورد نظر، باید امکانات میکروکنترلرهای مختلف بررسی شود تا محصولی با امکانات مناسب (نه کم که باعث نقص سیستمی شود و نه زیاد که بیهوده باعث گران و سنگین شدن سیستم شود) انتخاب شود. از مهمترین این امکانات می توان به نوع و مقدار حافظه ROM، مقدار حافظه RAM، تعداد پورت‌های ورودی/خروجی، تعداد تایمرها، امکان ارتباط با پروتکل‌های مختلف از جمله سریال، TCP/IP، X10 و ... اشاره کرد.
- در ضمیمه (ج) تعدادی از میکروکنترلرهایی که بر پایه ۸۰۵۱ طراحی شده اند را از نظر امکانات با هم مقایسه کرده ایم که مرجع مفیدی برای انتخاب یک میکروکنترلر مناسب می باشد.
- سرعت
- مقدار توان مصرفی
- قیمت
- مقدار و شکل فضایی که میکروکنترلر در مدار اشغال می کند (به ویژه در مواردی مانند کلید و پریزهای هوشمند که با محدودیت فضای سیستم مواجه هستیم).
- در دسترس بودن میکروکنترلر؛ به نحوی که به آسانی و با هزینه کم قابل تهیه باشد.
- در دسترس بودن وسایل جانبی میکروکنترلر (به خصوص دستگاه برنامه ریزی^۱ آن)، نرم افزارهای لازم (مترجم، اسمبلر، نرم افزار اشکالزدایی^۲، نرم افزار شبیه سازی^۳ و ...) و نیز پشتیبانی فنی^۴ کارخانه تولید کننده

روند طراحی سیستم با میکروکنترلرها

علیرغم تنوع امکانات و عملکرد میکروکنترلرها، برای طراحی یک سیستم کنترلی با میکروکنترلر، یک روند عمومی طی می شود که مراحل آن را در زیر بررسی می کنیم :

(۱) بررسی صورت مسأله و طراحی راه حل

در این مرحله، آنچه باید انجام شود (که عموماً سفارش کارفرماست) مورد بررسی دقیق قرار می گیرد و راه حل مناسب برای اجرای آن طراحی و آزمایش می شود تا از صحت عملکرد آن مطمئن شویم.

¹ Programmer

² Debugger

³ Simulator

⁴ Technical support

(۲) انتخاب میکروکنترلر

با توجه به راه حل طراحی شده و امکاناتی که به آن نیاز داریم یک میکروکنترلر مناسب انتخاب می کنیم. علاوه بر امکانات باید معیارهای دیگری که قبلاً ذکر شد نیز مدنظر قرار گیرد تا مناسبترین انتخاب انجام شود.

(۳) اتصال سخت افزارهای مناسب

با توجه به راه حل طراحی شده و نیز میکروکنترلر انتخاب شده، سخت افزارهایی که نیاز سیستم را برطرف کنند انتخاب و به سیستم متصل می کنیم. در این مرحله باید به ویژگیهای الکتریکی میکروکنترلر (از جمله بازه جریانها و ولتاژهای مجاز) و سخت افزارهای جانبی آن برای جلوگیری از هرگونه آسیب به مدار توجهی دقیق داشت.

(۴) نوشتن برنامه و تبدیل آن به کد ماشین

پس از انتخاب میکروکنترلر و اتصال سخت افزارهای مناسب، برنامه ای که راه حل طراحی شده در مرحله ۱ را پیاده کند، نوشته می شود. این برنامه ممکن است به زبان اسمبلی آن میکروکنترلر یا یک زبان سطح بالا که خاص آن میکروکنترلر است (مانند زبان C-51 که خاص ۸۰۵۱ است) نوشته شود.

برنامه به هر زبانی که نوشته شود، باید در نهایت به زبان ماشین قابل فهم آن میکروکنترلر تبدیل شود. نرم افزارهای کامپیوتری اسمبلر و مترجم این کار را انجام می دهند. البته این نرم افزارها علاوه بر تبدیل فوق، معمولاً برنامه نوشته شده را از نظر صحت دستورات نیز کنترل می کنند. در نهایت کدهای ماشین مورد نظر در یک فایل کامپیوتری ذخیره و آماده اجرا در میکروکنترلر می شوند.

(۵) برنامه ریزی میکروکنترلر

اکنون باید کدهای ماشین برای اجرا به میکروکنترلر داده شود یا به بیان فنی تر در حافظه ROM داخلی آن ذخیره شود^۱. این کار برنامه ریزی (یا به اصطلاح Program کردن) میکروکنترلر نامیده می شود و توسط دستگاهی به نام برنامه ریز انجام می شود. برای برنامه ریزی یک میکروکنترلر، آن را درون دستگاه برنامه ریز که به کامپیوتر متصل می شود، قرار می دهیم. برنامه مخصوص دستگاه برنامه ریز که در کامپیوتر نصب می شود، فایل حاوی کدهای ماشین را باز کرده و محتویات آن را در

^۱ البته بعضی میکروکنترلرها حافظه ROM داخلی ندارند و برنامه آنها باید در یک تراشه ROM خارجی ذخیره و به میکروکنترلر متصل شود.

حافظه ROM داخلی تراشه ذخیره می کند؛ اکنون میکروکنترلر آماده اتصال به مدار سیستم نهایی است.

توجه کنید که ممکن است حجم کدهای ماشین برنامه شما از حافظه ROM داخلی تراشه بزرگتر باشد و ناچار شوید میکروکنترلر انتخاب شده را با میکروکنترلر دیگری از همان خانواده که حافظه ROM بزرگتری داشته باشد، عوض کنید یا از حافظه ROM خارجی استفاده کنید. مثلاً اگر حجم کدهای ماشین برنامه ای که برای یک میکروکنترلر ۸۰۵۱ نوشته شده ۵ کیلوبایت باشد، نمی توان از میکروکنترلر AT89S51 که ۴ کیلوبایت ROM داخلی دارد، استفاده کرد. میکروکنترلر AT89S52 که دارای ۸ کیلوبایت ROM داخلی است، می تواند یک گزینه مناسب از این نظر باشد.

نکته دیگر اینکه بعضی از انواع ۸۰۵۱ (مانند DS5000T) برای برنامه ریزی نیازی به جدا شدن از مدار و قرار گرفتن در دستگاه برنامه ریز ندارند و می توانند در همان مدار اصلی، برنامه ریزی شوند (اصطلاحاً قابلیت برنامه ریزی On-Board دارند). استفاده از این میکروکنترلرها در مرحله طراحی سیستم از نظر سهولت تغییر برنامه بسیار مفید است (البته قیمت این محصولات معمولاً گران است).

۶) ایجاد تغییر در برنامه

در صورت نیاز به تغییر برنامه، میکروکنترلر از مدار جدا شده و مجدداً در دستگاه برنامه ریز قرار می گیرد. پس از اعمال تغییرات در برنامه و تبدیل آن به کد ماشین، ابتدا برنامه قبلی از حافظه ROM میکروکنترلر پاک شده و سپس برنامه جدید به جای آن ذخیره می شود. پس از برنامه ریزی میکروکنترلر، آن را از دستگاه برنامه ریز خارج و کرده و در جای خود در مدار قرار می دهیم.

خلاصه

در این فصل، به میکروکنترلرها بعنوان جایگزین مناسب پردازنده ها برای طراحی سیستم های کنترلی برنامه پذیر پرداختیم و جایگاه آنها را در سیستم های جاسازی شده بررسی کردیم. بعلاوه معیارهای انتخاب یک میکروکنترلر مورد بحث و بررسی قرار گرفت.

فصول آینده به میکروکنترلر ۸۰۵۱، ویژگیهای سخت افزاری، برنامه نویسی و کاربردهای آن به ویژه در سیستمهای عملی اختصاص خواهد یافت.

پرسشهای دوره ای

- (۱) آیا برای طراحی هر سیستم کنترلی برنامه پذیر، استفاده از سیستمهای مبتنی بر پردازنده راه مناسبی است؟ برای اثبات نظر خود مثالهایی ارائه کنید.
- (۲) پردازنده با میکروکنترلر چه تفاوتی دارد؟
- (۳) یک سیستم مبتنی بر پردازنده را با یک سیستم میکروکنترلی از نظر خصوصیات زیر مقایسه کنید:
 - ◆ قیمت
 - ◆ طراحی
 - ◆ اشکالزدایی
 - ◆ نگهداری
 - ◆ فضایی که مدار اشغال می کند
 - ◆ توان مصرفی
 - ◆ انعطاف پذیری
- (۴) چرا به میکروکنترلر، سیستم روی تراشه گفته می شود؟
- (۵) دو راه طراحی یک سیستم کنترلی برنامه پذیر را شرح دهید و با هم مقایسه کنید.
- (۶) الف) سیستم های جاسازی شده را تعریف کنید و چند مثال بیاورید.
- ب) طراحی یک سیستم جاسازی شده، با کدامیک از دو راه گفته شده در پرسش ۵ منطقی تر است؟ چرا؟
- (۷) مهمترین معیارهای انتخاب یک میکروکنترلر را نام ببرید و توضیح دهید.
- (۸) چرا برای طراحی یک سیستم میکروکنترلی، انتخاب میکروکنترلر باید بعد از طراحی راه حل انجام شود؟
- (۹) در چه مواردی طراح سیستم تصمیم به استفاده از ROM خارجی به جای ROM داخلی میکروکنترلر برای ذخیره برنامه می گیرد؟ به ۲ مورد اشاره کنید.
- (۱۰) قابلیت برنامه ریزی On-Board یعنی چه؟
- (۱۱) برای ایجاد تغییر در برنامه سیستم، چه مراحل باید انجام شود؟