

ADC مبدل آنالوگ به دیجیتال

مفهوم آنالوگ و دیجیتال چیست؟

دنیایی که پیرامون ما وجود دارد یک دنیای پیوسته یا آنالوگ است. به دما، فشار، حرارت، سرعت و خیلی از کمیت های فیزیکی قابل اندازه گیری اطراف خود دقت کنید. متوجه می شوید که تغییرات این کمیت ها به صورت کاملاً پیوسته اتفاق می افتد. در چنین شرایطی اگر بخواهیم دست به اندازه گیری بزنیم باید سیستم های ما تمام مقادیر را به طور پیوسته اندازه گیری کرده و روی آن ها پردازش انجام دهد، اما چون چنین امکانی وجود ندارد و سیستم های ما دیجیتال است نمی توانیم چنین کاری را انجام دهیم. به عبارت دیگر نمی توانیم یک کمیت پیوسته یا آنالوگ را مستقیماً به یک سیستم پردازشی دیجیتال اعمال کنیم. به نظر شما راه حل چیست؟

درست حدس زدید. باید کمیت آنالوگ را به دیجیتال تبدیل کنیم و سپس دست به پردازش بزنیم. اینجا همان نقطه ای بود که مبدل های آنالوگ به دیجیتال وارد بازی شدند تا بتوانند بین دنیای آنالوگ و دنیای دیجیتال پلی بزنند. برای روشن شدن موضوع اجازه بدهید تا یک مثال بزنم. شما به بازار می روید و یک سنسور LM35 خریداری می کنید. با این سنسور شما می توانید دمای محیط را اندازه گیری کنید. خروجی این سنسور ولتاژ است و به ازای هر درجه تغییر دما ۱۰ میلی ولت تغییر می کند. می خواهید با یک میکروکنترلر AVR این تغییرات دما را اندازه گیری کرده و ثبت کنید. اما توجه کنید که برای AVR با فرض اینکه از منبع تغذیه ۵ ولتی برای آن استفاده کرده باشید، فقط دو ولتاژ ۰ و ۵ ولت در بین های خروجی آن معنا دارد. پس چگونه می توان ولتاژ خروجی LM35 را به AVR فهماند. برای پیدا کردن پاسخ این سوال نیاز به یک سری مقدمات درباره ی مبدل آنالوگ به دیجیتال و روش کار آن در AVR دارید. در ادامه روش کار را یاد می گیرید.

مفاهیم اولیه ADC (analog to digital convertor)

در هر مبدل آنالوگ به دیجیتال یک سری مفاهیم مشترک وجود دارد که ابتدا باید آن ها را بدانید تا بتوانید با آن ها کار کنید.

اندازه گام:

هر ADC یک دقت دارد، به عبارتی از یک مقدار کمتر را نمی تواند اندازه گیری کند. اندازه گام کوچکترین تغییری هست که یک مبدل آنالوگ به دیجیتال می تواند اندازه بگیرد. مثلاً اگر اندازه گام برای یک ADC برابر با ۲۰ میلی ولت باشد. معنایش این است که تغییرات ۵ میلی ولتی را متوجه نمی شود و هرگاه ولتاژ نسبت به مقدار قبلی ۲۰ میلی ولت بیشتر یا کمتر شود می تواند تغییرات را تشخیص دهد.

زمان تبدیل:

برای اینکه ورودی آنالوگ به خروجی دیجیتال تبدیل شود نیاز به زمان معینی است. این زمان به منبع کلاک متصل به ADC بستگی دارد (چون ADC یک مدار دیجیتال است و نیاز به کلاک دارد). روشی که برای تبدیل ورودی آنالوگ به خروجی دیجیتال استفاده می شود نیز به تکنولوژی ساخت مبدل آنالوگ به دیجیتال بستگی دارد.

رزولوشن:

رزولوشن یا وضوح یا درجه تفکیک نام های مختلفی است که برای تعداد بیت استفاده شده در ADC به کار می رود. شاید شنیده باشید که ADC در AVR ده بیتی است. این بدین معناست که خروجی دیجیتال در قالب ۱۰ بیت ارائه خواهد شد. هرچه رزولوشن بیشتر باشد، اندازه گام کمتر خواهد بود. (برای درک جمله ی آخر کمی صبور باشید).

ولتاژ مرجع:

یک ولتاژ ورودی است که به عنوان مرجع استفاده شده و به همراه رزولوشن اندازه گام را معلوم می کند. دقت کنید که ولتاژ ورودی ADC می تواند بین صفر تا ولتاژ مرجع تغییرات کند. فرض کنید که از ADC هشت بیتی استفاده می کنید. اندازه گام به صورت روبه رو محاسبه می شود: (۲ به توان ۸/ولتاژ مرجع برابر ۲۵۶).

خروجی داده دیجیتال:

وقتی مقدار آنالوگ به دیجیتال تبدیل شد، باید در قالب یک رشته از بیت ها ارائه شود. به این رشته بیت خروجی داده دیجیتال گفته می شود. برای مثال در یک ADC هشت بیتی، ۸ بیت خروجی دیجیتال از D0 تا D7 داریم که با استفاده از رابطه زیر بدست می آید:

(اندازه گام/ولتاژ ورودی)

مفاهیم اولیه گفته شد. توصیه میکنم یک بار دیگر مفاهیم را با خودتان مرور کنید تا بهتر در ذهنتان جا بگیرد. حال که مفاهیم را مرور کردید. با بیان یک مثال بحث را بیشتر باز خواهیم کرد.

مثال

فرض کنید در یک ADC با رزولوشن ۸ بیت، ولتاژ مرجع را ۵ ولت انتخاب کرده ایم. در این صورت تغییر ولتاژ ورودی بین صفر تا ولتاژ مرجع باعث تغییر دیتای خروجی ADC بین ۰ تا ۰xFF خواهد شد. به عبارتی تغییرات به ۲۵۶ گام یا پله تقسیم می شوند. اگر ولتاژ ورودی روی صفر ولت باش خروجی ۰x00 و اگر ولتاژ ورودی روی ۵ ولت باشد خروجی ۰xFF خواهد بود. اگر ولتاژ ورودی روی ۲ ولت باشد. می خواهیم خروجی دیجیتال را به دست آوریم. برای این کار باید اندازه گام را به دست آوریم. به عبارت دیگر باید بدانیم هر تغییر قابل اندازه گیری در ADC چند ولت است. پس ولتاژ مرجع را بر ۲۵۶ (۲ به توان تعداد بیت که اینجا ۸ است) تقسیم می کنیم که ۱۹ میلی ولت به دست می آید. حال باید محاسبه کنیم که ۲ ولت از چند پله (چند تا ۱۹ میلی ولت) تشکیل شده است. پس ۲ را بر ۱۹ میلی ولت تقسیم می کنیم که ۲/۱۰۵ می شود. این عدد در مبنای ده است باید به مبنای دو برده شود که به صورت ۰۱۱۰۱۰۰۱ می شود. این رشته باینری همان چیزی است که در خروجی ADC قرار می گیرد.

توصیه میکنم برای همین مثال خروجی دیجیتال را برای ولتاژ 4.5 ولت و 1.7 ولت به دست آورید.

حالا نوبت به آن رسیده تا درباره اتفاقاتی که داخل ADC رخ می دهد بیشتر حرف بزنیم و با روش های تبدیل بیشتر آشنا شویم .

معرفی انواع روش های تبدیل آنالوگ به دیجیتال

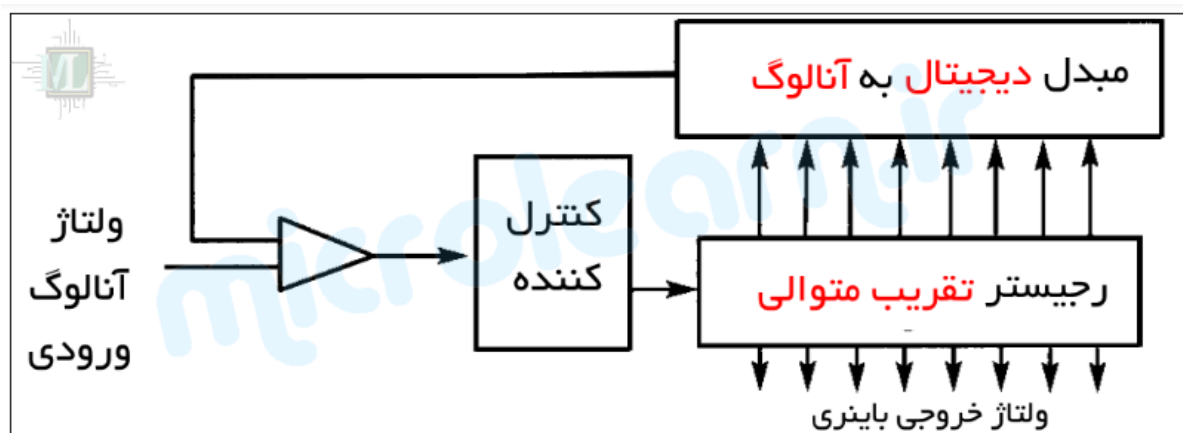
۶ روش برای تبدیل مقدار آنالوگ به دیجیتال وجود دارد که در زیر به صورت لیست بیان می شوند، اما فقط روش تقریب متوالی توضیح داده خواهد شد.

- روش موازی یا همزمان
- روش پله ای
- روش تقریب متوالی (Successive Approximation)
- روش تبدیل ولتاژ به زمان (تک شیب)
- روش دو شیب
- روش تبدیل ولتاژ به فرکانس

روش تقریب متوالی

این روش برای اجرا نیاز به چهار بخش اساسی دارد. همانطور که در شکل زیر هم مشخص شده این بخش ها عبارتند از:

- رجیستر تقریب متوالی
- مقایسه کننده
- واحد کنترل
- مبدل دیجیتال به آنالوگ



طرز کار این مدار بدین شکل است که رجیستر تقریب متوالی با یک مقدار اولیه که دیجیتال است شروع می کند. این مقدار به واحد دیجیتال به آنالوگ داده می شود و خروجی آنالوگ تولید می شود. همان طور که در شکل مشاهده می کنید این خروجی به یک مقایسه کننده داده می شود تا با ولتاژ آنالوگ ورودی مقایسه شود. در صورتی که تساوی برقرار باشد مقدار موجود در رجیستر تقریب متوالی به عنوان مقدار دیجیتال صحیح به دست می آید. اما در غیر این صورت فرمان تغییر داده می شود تا رجیستر تقریب متوالی تغییر کند. این روال تا جایی ادامه پیدا می کند که تساوی بین ولتاژ آنالوگ ورودی و ولتاژ خروجی مدار مبدل دیجیتال به آنالوگ حاصل شود.

معرفی واحد ADC در ATmega16/32

از آن جایی که میکروکنترلر ATmega16/32 در بین سایر اعضای خانواده AVR تقریباً تمام امکانات را در خود جای داده است، برای هدف آموزش خیلی خیلی مناسب به نظر می‌رسد. شما با یادگیری یکی از امکانات AVR در این شماره می‌توانید آن را تعمیم داده و در سایر اعضای خانواده AVR هم مورد استفاده قرار دهید. از این رو آن چه که از این به بعد برای ADC گفته می‌شود برای ATmega16، ATmega32، است.

مهم ترین ویژگی های ADC در ATmega16/32

- دقت ده بیت
- زمان تبدیل بین ۶۵ تا ۲۶۰ میکروثانیه
- هشت کانال ورودی تک خروجی مولتی پلکس شده
- هفت کانال ورودی دیفرانسیلی
- دو کانال ورودی دیفرانسیلی با بهره ی ۱۰ و ۲۰۰
- محدوده ی ولتاژ ورودی به ADC از صفر تا VCC
- قابل انتخاب بودن ولتاژ مرجع داخلی ۲.۵۶ ولت برای ADC
- امکان اتوماتیک نمودن آغاز تبدیل
- امکان درخواست وقفه در پایان تبدیل
- امکان استفاده از مد sleep برای کاهش نویز

پین های ADC: برای اینکه با ADC آشنا شویم بهتر است ابتدا از سخت افزار قابل مشاهده ی آن شروع کنیم. یعنی پین ها. در ATmega32/16 پورت A عملکرد دیگری هم دارد که تبدیل آنالوگ به دیجیتال است. یعنی در صورت فعال کردن ADC تمام ۸ پین آن می‌توانند به عنوان کانال های ورودی آنالوگ استفاده شوند. البته غیر از این ۸ پین یک پین مربوط به تغذیه بخش آنالوگ یعنی AVCC و یک پین مربوط به ولتاژ مرجع یعنی AREF است که در شکل زیر می‌توان مشاهده کرد.

(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)
(SS) PB4	5	36	PA4 (ADC4)
(MOSI) PB5	6	35	PA5 (ADC5)
(MISO) PB6	7	34	PA6 (ADC6)
(SCK) PB7	8	33	PA7 (ADC7)
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)
(ICP1) PD6	20	21	PD7 (OC2)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
	REFS1	REFS0	ADLAR	MUX4	MUX3	MUX2	MUX1	MUX0
Read/Write	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0

ADMUX