


آزمایش ۶: مبدل آنالوگ به دیجیتال – مبدل دیجیتال به آنالوگ


هدف آزمایش: آشنایی با مبدل آنالوگ به دیجیتال و کاربردهای آن، به کارگیری واحد ADC و واحد DAC میکروکنترلر، آشنایی با سنسور دما


 مدت زمان آزمایش: ۸ ساعت


بخش اول، ADC

میکروکنترلر STM32F429ZIT دارای سه واحد مبدل آنالوگ به دیجیتال است که هر یک از آن‌ها از مجهز به حداکثر ۱۶ کانال مجزا است.

 با مراجعه به راهنمای مرجع STM32F429ZIT، ویژگی‌های واحد ADC را مطالعه و بررسی نمایید (فصل ۱۳).

 **تحقیق ۱:** دو ساختار متداول متداول مبدل‌های آنالوگ به دیجیتال عبارتند از ساختار تقریب‌های متوالی (SAR) و سیگما-دلتا ($\Sigma-\Delta$). مزایا و معایب هر کدام را بیان کنید. STM32F4xx از کدام مدل استفاده می‌کند؟


 با مراجعه به راهنمای راه‌انداز HAL (فایل UM1725) و جستجو در اینترنت، با نحوه استفاده از ADC به کمک این کتابخانه آشنا شوید.


 **تحقیق ۲:** در مورد مفاهیم مربوط به نرخ نمونه برداری، زمان تبدیل، رزولوشن، خطای کوانتیزه کردن و ولتاژ مرجع در مبدل‌های آنالوگ به دیجیتال تحقیق و گزارش نمایید.


؟ سؤال ۱: حداکثر رزولوشن مبدل آنالوگ به دیجیتال در خانواده STM32F4xx چند بیت است؟

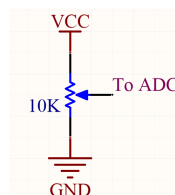
؟ سؤال ۲: حداکثر فرکانس کاری بخش مبدل آنالوگ به دیجیتال در خانواده STM32F4xx چه مقدار است؟ در صورتی که نرخ پالس ساعت هسته میکروکنترلر در فرکانس ۱۸۰ مگاهرتز تنظیم شده باشد، چگونه می‌توان این مقدار را برای پالس ساعت بخش مبدل آنالوگ به دیجیتال کاهش داد؟ حداقل مدت زمان یک تبدیل کامل با حداکثر رزولوشن را با توجه به بخش 13.5 راهنمای مرجع محاسبه کنید.

؟ سؤال ۳: ولتاژ مرجع بخش ADC از طریق کدام پایه اعمال می‌گردد و حداکثر این ولتاژ چه مقدار است؟


 **تحقیق ۳:** به کارگیری منبع سیگنال آنالوگ با امپدانس خروجی بالا چه محدودیتهایی را ایجاد می‌کند؟


 **تحقیق ۴:** در صورتی که از شما خواسته شود یک سیگنال آنالوگ با سطح ولتاژ منفی را اندازه‌گیری بکنید چه راه حلی به کار خواهید برد؟


 **آزمایش ۱:** یک پتانسیومتر ۱۰ کیلو اهمی را مطابق شکل ۱۷ ببندید. سپس ب.ب.ک. با استفاده از ولتاژ خوانده شده، زاویه شفت پتانسیومتر را اندازه‌گیری کرده و روی LCD نمایش دهد (کنترل زاویه موتورهای Servo با مکانیزمی مشابه انجام می‌شود).



شکل ۱۷ - اتصال پتانسیومتر جهت اندازه‌گیری زاویه

 **آزمایش ۲:** با به کارگیری سنسور دمای LM35^{۱۱} دمای لحظه‌ای اتاق را به صورت عددی بر روی LCD نمایش داده و منحنی تغییرات آن را به صورت زمان حقیقی رسم نمایید.

 **آزمایش ۳:** میکروکنترلرهای STM32 مجهز به سنسور دمای داخلی هستند که به واحد ADC متصل است. مقدار دمای اندازه‌گیری شده با این سنسور را با دمای اندازه‌گیری شده توسط LM35 مقایسه کنید.

 **تحقیق ۵:** در بسیاری از مدارها ولتاژ مرجع ADC مستقیماً از باتری یا رگولاتورهای ولتاژ نادقیق گرفته می‌شود. با استفاده از ولتاژ مرجع داخلی میکروکنترلر، روشی جهت اصلاح خطای ADC در اثر تغییرات ولتاژ مرجع بیان کنید.

^{۱۱} پیش از شروع آزمایش، برگه‌ی راهنمای LM35 را مطالعه نمایید.

بخش دوم، DAC

یکی از امکانات جالب و پرکاربر STM32F429ZIT، بخش مبدل‌های دیجیتال به آنالوگ آن است. از مبدل دیجیتال به آنالوگ در طراحی و پیاده‌سازی پروژه‌های بسیاری می‌توان استفاده نمود. STM32F429ZIT دارای دو کانال خروجی DAC است و از قابلیت‌هایی نظیر ساخت موج‌های مثلثی و نویز سفید برخوردار است.

با مراجعه به راهنمای مرجع میکروکنترلر STM32F429، ویژگی‌های این واحد DAC را مطالعه و بررسی نمایید (فصل ۱۳).

با مراجعه به راهنمای راه‌انداز HAL، با نحوه استفاده از DAC به کمک این کتابخانه آشنا شوید.

؟ سؤال ۴: رزولوشن مبدل دیجیتال به آنالوگ در خانواده STM32Fxx چند بیت است؟

؟ سؤال ۵: آیا واحد DAC بلافاصله پس از فعال شدن، قابل استفاده است؟ حداقل زمان لازم برای شروع به کار این واحد چقدر است؟ (برای پاسخگویی به برگه‌ی اطلاعات STM32F429 نیاز خواهید داشت).


مبدل دیجیتال به آنالوگ مشابه یک منبع ولتاژ غیر ایده‌آل، دارای مقاومت خروجی غیر صفر است. بنابراین ولتاژ خروجی آن وابسته به میزان بار خواهد بود. در مورد STM32F4x، مقاومت خروجی DAC در حالت عادی حدود ۱۵ کیلوهم است (مراجعه کنید به بخش 6.3.25 دیتاشیت).

؟ سؤال ۶: برای داشتن خطای خروجی کمتر از ۵ درصد، حداقل بار مقاومتی روی DAC چه قدر باید باشد؟


برای کاهش مقاومت خروجی و هم‌چنین افزایش میزان جریان‌دهی DAC در میکروکنترلرهای سری STM، یک بافر داخلی تعبیه شده است که می‌توان آن را از طریق بیت‌های BOFFx در رجیستر DAC_CR فعال کرد.

برای اطلاع از چگونگی اتصال بافر خروجی به فایل راهنمای AN4566 مراجعه کرده و بخش اول آن مطالعه کنید.

؟ سؤال ۷: رابطه بین مقدار دیجیتال داده شده به واحد DAC و ولتاژ خروجی آن را در حالتی که بافر خروجی روشن باشد و باری به خروجی متصل نباشد، پیدا کنید.

 **آزمایش ۴:** با استفاده از مبدل دیجیتال به آنالوگ شکل موج سیگنال ECG را ایجاد کنید. با پیاده‌سازی برنامه‌ی خود بر روی میکروکنترلر و نمایش آن بر روی اسیلوسکوپ صحت آن را بررسی و گزارش نمایید. (دادگان مناسب مربوط به شکل موج ECG را پیش از آغاز جلسه‌ی آزمایشگاه با جستجو در اینترنت بیابید)

توجه: پیش از آغاز جلسه‌ی آزمایشگاه، بر روی رایانه خود نرم‌افزار MATLAB را نصب نمایید.

 **آزمایش ۵:** با استفاده از نرم‌افزار متلب، ابتدا یک جمله کوتاه چند ثانیه‌ای را ضبط کنید. سپس ب.ب.ک. دادگان صوتی بدست آمده با نرم‌افزار متلب را توسط واحد DAC میکروکنترلر، پخش کرده و خروجی صوتی تولید کند. با پیاده‌سازی برنامه‌ی خود بر روی میکروکنترلر صحت آن را بررسی نمایید. (مرحله‌ی ضبط و استخراج دادگان صوتی به صورت یک آرایه قبل از جلسه‌ی آزمایشگاه انجام شود).

توجه ۱: با توجه به محدودیت حافظه فلش میکروکنترلر، نرخ نمونه‌برداری و طول زمان پخش را به طور مناسب انتخاب نمایید.

توجه ۲: توان مورد نیاز بلندگو نسبتاً زیاد است و بایستی حتماً بافر خروجی DAC را فعال کنید.

توجه ۳: مؤلفه DC در سیگنال صوتی، نه تنها باعث شنیده شدن صدای نامطلوب در بلندگو می‌شود بلکه میزان توان تلف شده در بلندگو را افزایش داده و می‌تواند موجب آسیب دیدن آن شود. بنابراین برای حذف DC، خروجی DAC را با یک خازن $10\ \mu\text{F}$ سری کرده و سپس به بلندگو متصل کنید.