



پروژه درسی

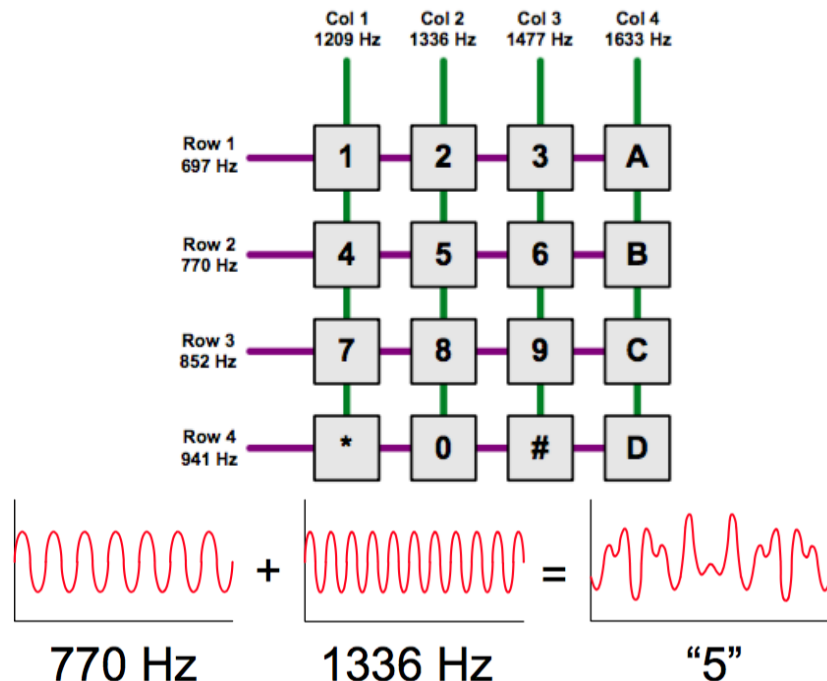
درس ریزپردازنده و زبان اسمبلی
نیم سال دوم ۱۴۰۱-۱۴۰۰

پروژه تعریف شده برای این درس شامل پیاده سازی یک سیستم پردازش سیگنال دیجیتال است که در گروه های دوفری انجام و تحویل داده می شود. بخشی از پروژه شامل شبیه سازی نرم افزاری در محیط Proteus و نوشتن گزارش اجباری بوده و مکمل نمره نهایی است ولی قسمت پیاده سازی سخت افزاری اختیاری بوده و به عنوان نمره اضافه در نظر گرفته شده است.

توضیح

هدف این پروژه طراحی یک دیکدر سیگنال های DTMF بر بستر برد میکروکنترلری مورد استفاده در درس است. سیگنال صوتی ورودی به برد یک سیگنال DTMF است که پس از دیکد شدن در یک نمایش گر هفت تکه ای نمایش داده می شود.

مفهوم dual tone multi-frequency (DTMF) اشاره به استاندارد است که سیگنال ارسال شده به مرکز مخابرات توسط دستگاه تلفن را هنگام شماره گیری تعریف می کند. به هر یک از چهار سطر و چهار ستون صفحه کلید شماره گیری یک فرکانس تخصیص داده می شود و شکل موج تولید شده هنگام فشردن هر کلید از تلفیق (حاصل جمع) شکل موج های سینوسی با فرکانس های سطر و ستون آن کلید به دست می آید.



هنگام دریافت چنین شکل موجی برای دیکد کردن آن نیاز به جستجوی هشت فرکانس تخصیص داده شده به سطرها و ستون ها در شکل موج دریافت شده داریم تا بتوان فرکانس سطر و ستون مورد نظر را یافت و کلید فشرده شده را مشخص کرد. الگوریتم گوئرتزل (Goertzel Algorithm) روشی سریع برای بررسی وجود یک فرکانس مشخص در یک شکل موج ورودی است. معادلات الگوریتم گوئرتزل برای این کاربرد ویژه به صورت زیر است.

$$Q_0 = (coef_k \times Q_1[n]) - Q_2[n] + x[n],$$

$$Q_1 = Q_0[n - 1],$$

$$Q_2 = Q_1[n - 1],$$

نمونه خوانده شده از مبدل آنالوگ به دیجیتال $x[n]$

$$k = \lceil 0.5 + ((N \times \text{نرخ نمونه برداری}) / \text{فرکانس مورد جستجو}) \rceil, \quad k \in \mathbb{N}$$

N = تعداد نمونه‌های مجموعه مورد بررسی

$$coef_k = 2\cos((2 \pi k) / N)$$

در معادلات فوق با فرض این که آرایه x به طول N نمونه از سیگنال ورودی نمونه برداری شده باشد، $x[n]$ ورودی فعلی، Q_0 خروجی فعلی و Q_1 و Q_2 خروجی‌های محاسبات مرحله قبل هستند. با توجه به مقادیر فوق، توان شکل موج ورودی برای فرکانس مورد جستجو در هر نوبت محاسبه عبارتست از

$$2^{\text{دامنه}} = Q_1^2[N] + Q_2^2[M] - (coef_k \times Q_1[M] \times Q_2[M])$$

هر چه مقدار توان بیشتر باشد، به معنی تطابق بیشتر سیگنال ورودی با فرکانس مورد جستجو است. نکته قابل توجه این است که با فرض انجام محاسبات بر روی N نمونه ورودی، خروجی الگوریتم تا $n=N$ (یعنی تا محاسبه خروجی برای تمام ورودی‌های پنجره نمونه برداری شده) قابل اطمینان نیست. از آنجا که سیگنال‌های DTMF در محدوده صوت انسان قرار می‌گیرند، برای عدم تداخل با سیگنال‌های صوتی انسان، وجود هارمونی دوم هر یک از ۸ فرکانس (یعنی دو برابر هر فرکانس) نیز در شکل موج ورودی بررسی می‌شود. بدین ترتیب مجموعاً الگوریتم گوئرتزل را باید به‌ازای هر نمونه برای جستجوی ۱۶ فرکانس مختلف بر روی شکل موج ورودی اعمال کرد.

بخش ۳ مستند AN219 شرکت Silicon Labs توضیحات بیشتر الگوریتم فوق را به‌همراه پیاده‌سازی آن (ولی بر روی یک میکروکنترلر کلاسیک ۸۰۵۱) در اختیار می‌گذارد. مطالعه آن به‌همراه کد داده شده می‌تواند نقطه شروعی برای فهم بیشتر ساختار الگوریتم و بازنویسی آن باشد. در این پروژه فرض بر این است که سیستم نهایی با استفاده از یک برد STM32F401 Nucleo-64 پیاده‌سازی می‌شود. بنابراین میکروکنترلر مورد استفاده STM32F401RE خواهد بود.

در درس با مفهوم PWM آشنا شدید. در مراجع $+$ و $+$ یک مثال عملی به همراه مشخصات ادوات الکترونیکی جنبی و کد نرم‌افزاری نمونه برای خواندن صوت ورودی با استفاده از ADC (و بازتولید آن با استفاده از PWM به عنوان DAC) برای بستر آردوینو توضیح داده شده است. در [این صفحه](#) نیز مشابه این اطلاعات برای یک میکروکنترلر STM32 ذکر شده است.

گزارش

- گزارش نهایی که توسط گروه‌ها تحویل داده می‌شود باید شامل توضیح دقیق مراحل انجام پروژه، به‌ویژه علت انتخاب پارامترهای طراحی نظیر نرخ نمونه برداری و دقت نمایش اعداد کسری باشد.
- گزارش به صورت یک فایل PDF است که به شکلی مناسب حروف‌چینی شده است و کدهای نوشته شده برای پروژه پیوست آن شده است.
- گزارش روز پیش از تحویل پروژه باید ارسال شده باشد.

تحویل

در روز تحویل هر دو عضو گروه با به همراه داشتن یک نسخه از گزارش پروژه و همچنین نمونه سخت‌افزاری پیاده‌سازی شده (در صورت انجام بخش اختیاری) برای تحویل مراجعه می‌کنند.

اعضای گروه در ابتدا یک گزارش شفاهی کوتاه (در حد ۱-۲ دقیقه) در مورد پروژه ارائه می‌کنند که شامل نکات مهم، چالش‌ها، شیوه انجام کار و انتخاب پارامترها می‌باشد.

پس از آن گروه شبیه‌سازی سیستم را انجام خواهد داد و توضیحات لازم را ارائه خواهد نمود. استفاده از [ابزارهای برخطی](#) که شکل موج‌های DTMF مورد نظر را تولید می‌کنند توصیه می‌شود.

در مرحله بعد در صورتی که گروه پیاده‌سازی سخت‌افزاری را نیز انجام داده باشد، آن را اجرا می‌کند. نحوه ارائه این بخش به این ترتیب است که برد را برنامه‌ریزی کرده و ورودی آن را به خروجی صوت تلفن همراه یا رایانه شخصی خود متصل می‌کنید و سیگنال‌های DTMF را پخش می‌کنید. خروجی صحیح بر روی نمایش‌گر باید به‌وضوح قابل مشاهده باشد. در روز تحویل هیچ امکاناتی در اختیار شما نیست و تمام ابزارهای لازم برای نمایش اجرای سیستم روی سخت‌افزار را باید همراه داشته باشید. دقت کنید که وظیفه تک تک اعضای گروه است که کیفیت کار انجام شده و میزان مشارکت خود را به هنگام تحویل اثبات کنند. در صورت سکوت هر یک از اعضا هنگام جلسه تحویل طبیعی است که نمره‌ای به آن‌ها تعلق نخواهد گرفت. این امکان وجود دارد که گروهی بخش شبیه‌سازی را انجام نداده و فقط نمره گزارش اجباری و پیاده‌سازی سخت‌افزاری را دریافت کند.

هر گروه باید یک کاور پلاستیکی به همراه داشته باشد که نام اعضای گروه روی آن درج شده است. پس از ارائه سخت‌افزار پیاده‌سازی شده، برد و ملحقات آن درون کاور تحویل داده می‌شود که در انتهای جلسه تحویل پروژه به شما بازگردانده خواهد شد.

موفق باشید

عطارزاده