



کوارک: طراحی و ساخت سینتی سائزر میکروتونال بر پایه‌ی ESP32

سینا نوری زاده، روژین روحانی، محمد صالح ملازاده

در دنیای موسیقی، نظام دوازده‌نُتی غربی قرن‌هاست که به‌عنوان استاندارد جهانی در ساخت، اجرا و درک موسیقی به کار می‌رود. اما در دهه‌های اخیر، جریانی نو در موسیقی معاصر شکل گرفته که تلاش می‌کند مرزهای این نظام را گسترش دهد و فواصل میان نت‌ها را با دقت بسیار بالاتری مورد بررسی قرار دهد. این نگرش که به «میکروتونالیت» (Microtonality) مشهور است، امکانی تازه برای کشف صداها و رنگ‌های شنیداری جدید فراهم می‌آورد.

در پروژه‌ی حاضر، ما نیز کوشیدیم گامی کوچک اما تجربی در همین مسیر برداریم. هدف ما طراحی و ساخت یک سینتی‌سائزر دیجیتال میکروتونال بود که بتواند فواصل بسیار ظریفی میان نت‌ها را تولید کند. ایده‌ی اصلی این پروژه از مفهوم «کوارک» برگرفته شده است؛ مفهومی که نخستین‌بار توسط احسان صبحی، آهنگساز ایرانی، مطرح شد که در آن هر کوارک معادل دو سنت تعریف می‌شود. (هر سنت، $1/100$ نیم‌پرده است).

در این طرح، ما هر اکتاو را به 300 نت مجزا تقسیم کردیم؛ به این معنا که هر نت با فاصله‌ی دقیق 4 سنت از نت پیشین قرار می‌گیرد. برای پیاده‌سازی این سیستم، از یک کیبورد ماتریسی 4×4 استفاده کردیم که شامل 16 دکمه است. شانزده دکمه‌ی آن برای تولید نت‌ها با فواصل 4 سنتی در نظر گرفته شده و یک دکمه‌ی مجزا وظیفه‌ی تغییر فرکانس پایه (Base Frequency) را بر عهده دارد. این ساختار، امکان حرکت تدریجی و دقیق در میان فواصل صوتی بسیار ریز را فراهم می‌کند. برای تولید صدا، از DAC داخلی میکروکنترلر ESP32 بهره بردیم. این تراشه قابلیت تولید صدای

۸ بیت با کیفیت مناسب را داراست، ما از موج‌های سینوسی برای ایجاد صدای خالص و دقیق استفاده کردیم. یکی از ویژگی‌های مهم این سینتی‌سایزر، توانایی در اجرای پلی‌فونی است؛ به این معنا که دستگاه می‌تواند چند دکمه‌ی فشرده‌شده به‌طور همزمان را تشخیص دهد، موج‌های مربوط به هر نت را ترکیب کرده و نتیجه را به‌صورت یک صدای مرکب پخش کند.

صدای خروجی از طریق یک جک ۳.۵ میلی‌متری در دسترس است و به‌آسانی می‌توان آن را به هدفون یا اسپیکر متصل کرد. همچنین، یک نمایشگر 2×16 LCD روی بدنه تعبیه شده که مقدار فرکانس پایه را در هر لحظه نشان می‌دهد و کاربر را در کنترل دقیق پارامترهای صدا یاری می‌کند. تغذیه‌ی دستگاه نیز از طریق کابل USB انجام می‌شود که علاوه بر تأمین انرژی، امکان آپلود کد و مانیتورینگ سریال را همزمان فراهم می‌کند.

از دیدگاه نرم‌افزاری، برنامه‌نویسی دستگاه در محیط Arduino IDE انجام شد. چالش اصلی در این بخش، تولید دقیق فرکانس‌ها با فواصل بسیار کوچک و کنترل همزمان چند ورودی بود. برای رفع این چالش، از توابع زمان‌بندی دقیق و الگوریتم‌های ترکیب موج استفاده کردیم تا صداها بدون نویز و با دقت کافی بازتولید شوند.

در مجموع، این پروژه تلاشی است برای پیوند میان سه حوزه‌ی موسیقی، الکترونیک و برنامه‌نویسی. طراحی چنین سینتی‌سایزری، تجربه‌ای منحصربه‌فرد از شنیدن فواصل موسیقایی غیرمتعارف را فراهم می‌کند؛ تجربه‌ای که در سازهای کلاسیک و حتی در بیشتر سینتی‌سایزرهای تجاری در دسترس نیست. تقسیم اکتاو به ۳۰۰ نت، گوش را به جهانی از صداهاى تازه و ناشناخته دعوت می‌کند و نشان می‌دهد که موسیقی می‌تواند بسیار فراتر از مرزهای سنتی گام‌های دوازده‌نتی گسترش یابد.

این تجربه برای تیم ما، سینا نوری‌زاده، روژین روحانی و محمدصالح ملازاده فرصتی ارزشمند برای یادگیری و تجربه‌ی عملی در طراحی سیستم‌های صوتی دیجیتال بود. در پایان، از احسان صبحی، شهاب جعفری و دیو سیدل صمیمانه سپاسگزاریم که با راهنمایی‌های خود مسیر انجام این پروژه را هموار کردند.

