دانشگاه زنجان

دانشکده مهندسی

پایان‌نامه‌ی کارشناسی

مهندسی برق_کنترل

عنوان:

طراحی و ساخت کیبورد پیانو دیجیتال با استفاده از میکروکنترلر

استاد راهنما

دکتر فرهاد بیات

نگارش

احسان عمولر

شهریور 1397

قدردانی

در ابتدا از تمامی کسانی که مرا در انجام دادن این پروژه یاری کردند علی الخصوص استاد گران قدر دکتر فرهاد بیات کمال تشکر را دارم. هم چنین از پدر و مادرم که از هیچ کمکی برای پیشرفت بنده دریغ نکردند از صمیم قلب سپاسگزارم.

چکیده

در این پژوهش مراحل طراحی و ساخت پیانو دیجیتال با استفاده از میکروکنترلر بیان خواهد شد.

میکروکنترلر مورد استفاده ATmega328 از شرکت Atmel می باشد.برای سهولت در امر کد نویسی پروژه و ارتباط سریال از بوت-لودر آردوینو استفاده شده است. سیگنال دریافتی در اثر فشردن کلاویه از طریق پروتکل سریال به کد نرم افزاری جاوا ارسال شده و عملکرد پیانو توسط این کد کنترل می شود.

در ابتدا توضیحاتی درمورد انواع پیانو و پیانو دیجیتال خواهیم داشت و سپس کلیاتی در مورد آردوینو، زبان برنامه نویسی جاوا، ارتباط سریال و مفهوم میدی (MIDI) ارائه خواهد شد. سپس به چگونگی طراحی و ساخت بدنه اصلی پیانو اشاره خواهد شد. ودر انتها یک نتیجه گیری کلی بهمراه پیشنهادات موثر در راستای توسعه پروژه های آینده ارائه خواهد شد.

کلمات کلیدی:

پیانو، میکروکنترلر، سریال، جاوا

فهرست مطالب

فصل اول: 1
مقدمه 1
1-1 تفاوت پیانو های دیجیتال و آکوستیک 2
1-2 کلاویه های حساس به ضربه(سطوح دینامیک) 3
1-3 چند صدایی(پولیفونی) 5
1-4 خروجی/ ورودی میدی (یو اس بی) 5
1-5 خروجی/ ورودی AUX 6
1-6 امکانات ضبط صدا 6
1-7 انتقال 7
1-8 کوک دستگاهها و گام ها 7
فصل دوم: 7
آشنایی با میکروکنترلر 7
2-1 میکروکنترلر چیست؟ 8
2-2 نحوه کار میکروکنترلر: 8
2-3 ساختمان داخلی میکروکنترلر: 9
2-4 AVR 10
2-5 آردوینو (Arduino) 11
2-6 ارتباط سریال : 12
2-7 پروتکل های ارتباطی در آردوینو 13
2-8 ارتباط سریال آردوینو و کد جاوا 13
2-9 آشنایی با میدی (MIDI) 14
2-10 کانال های میدی 16
2-11 استفاده از MIDI در جاوا 16
فصل سوم : 17
طراحی و ساخت بدنه اصلی 17
3-1 مدلسازی پیانو دیجیتال 18
3-2 شماتیک کلی بدنه و کلاویه ها: 20

4-3 عملکرد دستگاه پیانوی دیجیتال: 23
5-3 نرم افزار 26
فصل چهارم: 30
نتیجه گیری و پیشنهادات 30
منابع و مواخذ: 32

فهرست اشکال

شکل۱-۱ مقایسه پیانو آکوستیک و دیجیتال 2
شکل ۱-۲ آردوینو ینو 11
شکل۲-۲ پروتکل های ارتباطی در آردوینو 12
شکل ۳-۱ نمایی از کلاویه یک پیانو دیجیتال 19
شکل ۳-۲ نمونه کامل شده بدنه 20
شکل ۳-۳ شماتیک کلی بدنه 21
شکل ۳-۴ شماتیک کلی کلاویه ها 22
شکل ۳-۵ نمونه کلاویه پیانو یاماها 22
شکل ۳-۶ نمای روبرویی دستگاه 23
شکل ۳-۷ نحوه عملکرد دستگاه 26

فهرست جداول

جدول ۳-۱ جدول صحت پایه ها 24

فصل اول:

مقدمه

1-1 تفاوت پیانو های دیجیتال و آکوستیک

همیشه برای خرید پیانو این سوال مطرح است که پیانوی آکوستیک بهتر است یا پیانوی دیجیتال؟ تفاوت صداهایشان چگونه است؟ کیفیت ساخت کدامیک بهتر است؟ کدامیک مقرون به صرفه است؟ برای شروع یادگیری پیانو ، کدامیک مناسب تر است ؟ متاسفانه امروزه با وجود نرخ بالای ارز و به مراتب قیمت بالای ساز های وارداتی ، خرید پیانوی آکوستیک بسیار مشکل شده است ، در نتیجه بازار خرید و فروش پیانو های دیجیتال بسیار گرم است. در حال حاضر شرکت های متفاوتی در سراسر جهان در حال ساخت و عرضه پیانوهای آکوستیک و دیجیتال می باشند که با هم به رقابت می پردازند. اما مسئله اصلی این است که ، چگونه و بر چه اساسی مناسب ترین پیانو را انتخاب کنیم؟ حال در شکل۱-۱ به مقایسه پیانو آکوستیک و دیجیتال می پردازیم.

	پیانو آکوستیک	پیانو دیجیتال
نحوه تولید صدا	بصورت مکانیکی، برخورد چکش به سیم های ساز	بصورت اتصال الکتریکی و ارسال کدهای دیجیتال
تعداد کلاویه ها	دارای 88 کلاویه	در مدل های مختلف 66 و 73 و 88 کلاویه
تعداد پدال	2 یا 3 پدال	بین 1 تا 3 پدال
نگهداری	دما و رطوبت بسیار تاثیرگذار است و سالی یک تا دوبار نیاز به کوک شدن دارد	رطوبت و دما تاثیر گذار نیست و نیاز به کوک شدن ندارد
نحوه صدابرداری و ضبط	بواسطه میکروفون های مختلف	از طریق کامپیوتر بواسطه USB به شکل MIDI
وزن	200 تا 500 کیلوگرم	20 تا 100 کیلوگرم
قیمت	از 10 میلیون تومان به بالا	از 2 میلیون تومان به بالا

شکل۱-۱ مقایسه پیانو آکوستیک و دیجیتال

امروزه اکثر مردم در خانه های آپارتمانی زندگی می کنند ، و این بدان معناست که نمی توان در خانه از صداهای بلند استفاده کرد. کنترل بلندی صدای پیانو آکوستیک امری دشوار است که این خود یکی از بزرگترین مشکلات استفاده از پیانو آکوستیک در آپارتمان است. حمل پیانوهای آکوستیک به طبقات بالا به دلیل وزن بسیار زیاد آن بسیار دشوار است و بعد از هر جا به جایی نیاز به کوک شدن دارد. به یاد داشته باشید که همواره یکی از مهم ترین عوامل، قیمت کالاست. پیانو آکوستیک از هزاران قطعه مختلف ساخته شده است که فرایند تولید صدا را به صورت مکانیکی و آکوستیک انجام می دهد. مهندسی و ساخت این کالا زمان بر بوده و هزینه زیادی دارد که در نهایت به قیمت بالای محصول می انجامد. اما پیانو های دیجیتال قابلیت تنظیم صدا و حتی قابلیت استفاده از هدفون را دارند و چون وزن بسیار کمتری دارند ، حمل آنها ساده تر بوده و نیاز به کوک شدن هم ندارند و چون فرایند تولید صدا به صورت الکتریکی انجام می شود ، ساخت قطعات آن سریع تر و با هزینه کمتری بوده و در نهایت قیمت پایین تری دارند.

1-2 کلاویه های حساس به ضربه(سطوح دینامیک)

اگر کلاویه‌های پیانو را به آرامی فشار دهید صدای ضعیفی ایجاد می شود و هنگامی که با شدت بیشتری به کلاویه ضربه بزنید، به نسبت صدای قوی تری می‌شنوید. منظور از عبارت «کلاویه‌های حساس به ضربه» این است که میزان قدرت صدا با توجه به شدت ضربه تغییر می‌کند . در واقع اگر بخواهیم علمی تر صحبت کنیم هر چه کلاویه با سرعت بیشتری پایین برود صدا با قدرت بیشتری ایجاد می‌شود.

بنابراین در هنگام خرید پیانوهای دیجیتال بهتر است سازی را تهیه کنید که سطوح قدرت (سطوح دینامیک) بیشتری داشته باشد.

سازندگان مختلف از عبارتهای متفاوتی برای بیان این موضوع استفاده می‌کنند. در این جا به سه مورد از این اصطلاحات گیج کننده اشاره می‌کنیم:

- سطوح حساسیت ضربه- Touch sesitivity levels
- سطوح پاسخ‌دهی ضربه - Touch response levels
- سطوح دینامیک- Dynamic levels

پیانوهای دیجیتال مختلف بسته به برند و مدل، ممکن است ۱ تا ۶ سطح دینامیکی داشته باشند.

اغلب پیانوهای ارزان قیمت ۱ تا ۳ سطح دینامیکی دارند. طبیعتا هر چقدر سطوح دینامیکی بیشتری داشته باشیم صدای ساز و احساس نواختن طبیعی تر خواهد بود.

بیشتر سازندگان مطرح نظیر یاماها، رولند، کاوایی، کاسیو، کلازنتی، براودوی و کورزویل از ۳ تا ۶ سطح دینامیکی استفاده می‌کنند. اغلب مدلهای ارزان قیمت این سازندگان دارای ۳ تا ۴ سطح دینامیکی است. مدلهای متوسط اغلب ۴ سطح و پیانوهای گرانقیمت ۵ تا ۶ سطح دینامیکی دارند.

درواقع چکش با هر شدتی که به سیم ضربه بزند به همان نسبت صدای قوی تری ایجاد می‌شود. با این وجود حتی خبره ترین تکنسین های پیانو تنها قادرند ۶ تا ۷ (و حداکثر ۸) سطح دینامیکی را تشخیص دهند. به همین دلیل در پیانوهای دیجیتال سعی می‌شود تا تعداد سطوح دینامیکی به عدد ۶ تا ۷ نزدیک باشد. پیانوهای با سطوح دینامیک کمتر، نوازنده را در اجرای جنبه های بیانی و احساسی دچار مشکل می‌کنند.

در موسیقی برای بیان شدّت های مختلف از علائم مشخصی استفاده می‌شود(به ترتیب از راست به چپ صدا از قوی‌ترین شدت به ضعیف ترین شدت کاهش می‌یابد) :

pp p mp mf f ff

همانطور که در ادامه خواهید دید، هر چقدر تعداد سطوح دینامیک پیانو بیشتر باشد تعداد بیشتری از سطوح بلندی صدا قابل ایجاد خواهد بود.

سه سطح دینامیک : mp mf f

چهار سطح دینامیک : mp mf f ff

پنج سطح دینامیک : p mp mf f ff

شش سطح دینامیک : pp p mp mf f ff

3-1 چند صدایی(پولیفونی)

در حال حاضر میزان پولیفونی در بیشتر سازهای دیجیتال ۳۲، ۶۴، ۱۲۸ ویا ۲۵۶ نت است. در سازهای قدیمی تر این میزان پولیفونی عموما ۳۲ و یا ۶۴ نت بود.

عدد پولیفونی بیانگر تعداد صدا(نت) هایی است می‌تواند به طور همزمان توسط ساز پخش شود. این صداها شامل نت هایی که صدای آنها توسط پدال ادامه می‌یابد نیز می‌شود.

به طور کلی پولیفونی ۶۴ به طور کامل جوابگو و چه بسا فراتر از نیاز ما است . اما اگر قرار باشد از امکاناتی نظیر صداهای چند لایه، افکت های صوتی ، ریتم و پرکاشن در این سازها استفاده کنیم میزان پولیفونی اهمیت پیدا می‌کند. چرا که با ترکیب صدا ها و افکت های مختلف به همراه آکوردهای پیچیده و نت های نگه داشته شده با پدال، تعداد صداهای در حال پخش چندین برابر زمانی است که صدای پیانو به تنهایی استفاده می‌شود.

4-1 خروجی/ ورودی میدی (یو اس بی)

پلتفرم میدی (MIDI) امکان اتصال ساز به کامپیوتر و یا سایر دستگاههای صوتی (مجهز به میدی) را میسر می‌کند. این یکی از پرکاربردترین قابلیت‌های پیانوهای دیجتال است. با این سیستم هر نتی که برروی ساز نواخته می‌شود به کامپیوتر منتقل می‌شود . بنابراین یکی از مهمترین کاربردهای آن در آهنگسازی است. همچنین این قابلیت برای آموزش خردسالان و استفاده از نرم افزارهای مرتبط بسیار ضروری است.

در صورتی که پیانوی شما خروجی یو اس بی داشته باشد تنها با استفاده از یک کابل یو اس بی می‌توانید ساز را به کامپیوتر متصل کنید. در صورتی که بخواهید از درگاه استانداردخروجی /ورودی میدی استفاده کنید به یک رابط میدی به یواس‌بی نیاز دارید. به کمک میدی و استفاده از نرم افزارهایی

```
mChannl[1].noteOn(60, Strngth);        //used to play a note on a channel
mChannl[1].noteOff(60);                //used to stop a note on a channel
```

بدین صورت اطلاعات کلید ها و وضعیت آنها ابتدا در آردوینو جمع آوری شده و درصورت بروز تغییر در وضعیت کلید ها به کامپیوتر ارسال می شوند. در کد جاوا به هر کلاویه یک متغیر زمانی، یک متغیر مکانی و یک متغیر معین کننده قابلیت پخش اختصاص داده شده است که این متغیر ها با کمک اطلاعات ورودی از آردوینو بروز رسانی می شوند. زمان زده شدن هر کلید توسط زمان کامپیوتری با دقت میلی‌ثانیه محاسبه می شود و بصورت تقریبی متناسب با شدت فشرده شدن کلید در نظر گرفته می‌شود. پس از فشرده شدن کامل کلید، صدا با کمک کتابخانه MIDI پخش می‌شود.

فصل چهارم:

نتیجه گیری و پیشنهادات

امروزه تحصیل موسیقی در میان مردم رو به افزایش است و پیانو به عنوان اساسی ترین آلت موسیقی نقش بسزایی را ایفا میکند. به دلیل عدم تولید این ابزار موسیقی در داخل کشور و وارداتی بودن تمام انواع آن (دیجیتال و مکانیک) قیمت آن بسیار بالا و دستخوش تغییر می باشد.

علاوه بر این نیاز بازار به این آلت موسیقی موجب خروج ارز بسیاری از کشور می‌گردد .

لازم به ذکر است که امروزه در میان تمام جوامع موسیقی پیانو های دیجیتال به دلیل سبکی وزن، آسان بودن حمل و نقل، دقت بالا و عدم نیاز به رسیدگی بالا، مورد استقبال زیادی قرار گرفته اند.

با این اوصاف تولید یک پیانو دیجیتال داخلی با رعایت استاندارد های جهانی می تواند علاوه بر تسهیل تهیه پیانو در داخل کشور از خروج ارز نیز جلوگیری کند.

در این پروژه تلاش شده است تا نمونه ای بسیار ابتدایی و ازمایشگاهی از یک پیانوی دیجیتال ساخته شود.

از اطلاعات بدست آمده در مسیر تکمیل پروژه میتوان به این نتیجه رسید که ساخت یک پیانو دیجیتالی که بتواند استاندارد های معمول یک پیانو را ارضا نماید اولا مستلزم کیفیت بسیار بالا در ساخت قطعات مکانیکی و سر هم کردن آن است؛ دوما نیازمند استفاده از ادوات الکترونیکی خاص با سرعت وکیفیت بالا است. برای مثال استفاده از میکروکنترلر ها به دلیل سرعت و توانایی پردازش پایین بر عملکرد پیانو تاثیر منفی میگذارد. همچنین استفاده از سنسور های فشار به جای کلید های ساده در شبیه سازی صدای واقعی یک پیانو و در نتیجه افزایش کیفیت آن، تاثیر بسزایی میگذارد.

علاوه بر مباحث مکانیکی و الکترونیکی میتوان گفت که مهم ترین نقش در کیفیت یک پیانو دیجیتال توسط نرم افزار کنترل کننده آن ایفا می‌شود. در این پروژه به دلیل محدودیت های به وجود آمده از میکروکنترلر ها، وظیفه تولید صدا به یک کامپیوتر شخصی واگذار شده است که جایگزین کردن این کامپیوتر با پردازنده های داخلی قدرتمند تر در ساخت یک نمونه واقعی لازم است.

منابع و مواخذ:

[1] الوندی، جابر، میکروکترلرهای AVR، ویرایش هشتم، ایران، انتشارات نص، بهار1392

[2] آموزش جامع آردوینو، دکتر علیرضا حاتمی، انتشارات دیباگران تهران

[3] Java Programming , Joyce Farrell, Published: 2015 by Cengage Learning US