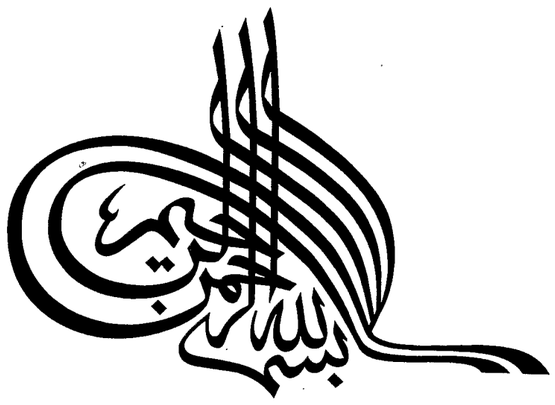

٣٩٨٢٠

مرکز اطلاعات و مدارک علمی ایران

دانشگاه علم و صنعت ایران

دانشکده مهندسی برق

۱۳۸۰ /۱۲/ ۱۹

طراحی وساخت
دستگاه ارتعاش سنج

016470

علی رضا شیدائی

پایان نامه کارشناسی ارشد
در رشته مهندسی برق ـ الکترونیک

استاد راهنما
دکتر سید جواد ازهری

پائیز ۱۳۸۰

۳۹۸۲۰

به یاد پدرم

چکیده

ارتعاش یک پارامتر مهم در طراحی و نگهداری اغلب سیستمهای صنعتی و نظامی است، لذا یافتن رفتار ارتعاش یک هدف ضروری می باشد. مهمترین مشخصهٔ ارتعاشی یک سیستم مکانیکی، طیف آن است که با توجه به رفتار گذرای ارتعاش، تحلیل بلادرنگ آن ضروری می باشد.

در این پروژه با استفاده از یک ساختار دو پروسسوری بر پایهٔ یک DSP ارزان قیمت، سیگنال خروجی یک حسگر میکروماشین با پهنای باند KHZ ۱ را با قدرت تفکیک ۰/۵ هرتز پردازش کرده ایم. با بهره گیری از روش جدید محاسبهٔ فیلتر تخمین، پهنای باند بلادرنگ سیستم به KHZ ۱۵ رسیده که نسبت به طراحی های مشابه به میزان ۳ برابر افزایش یافته است.

تشکر وقدردانی

ضمن سپاس بیکران خداوند متعال از استاد ارجمندم آقای دکتر ازهری که مرا در انجـام این پروژه راهنمایی نمودند کمال تشکر وقدردانی را دارم.

همچنین از آقایان دکتر رحمتی و دکتر قزل ایاغ که زحمت شرکت در جلسه دفاع و داوری پایان نامه اینجانب را متحمل شدند تشکر می کنم.

از صنایع یامهدی که امکان تست دستگاه ساخته شده را فراهم کردند کمال تشکر را دارم.

از پرسنل پژوهشکدهٔ الکترونیک و کلیهٔ عزیزانی که در انجـام ایـن پـروژه بنـده را یـاری نمودند تشکر می کنم.

مقدمه

ارتعاش یک مشخصهٔ شناخته شدهٔ سیستمهای مکانیکی است که بیانگر عملکرد سیستم می باشد. همچنین از آن بعنوان یک علامت هشدار دهندهٔ بروز عیب در ماشین آلات صنعتی بهره گرفته می شود. لذا سنجش دقیق ارتعاش یک هدف اساسی در این زمینه است.

در این پروژه بر آن بودیم که با بهره گیری از قطعات ارزان قیمت، دستگاهی برای سنجش ارتعاش بسازیم. این ارتعاش سنج با بهره گیری از DSP و بهینه سازی الگوریتم های پردازش سیگنالهای دیجیتالی، توانایی پردازش بلادرنگ با قدرت تفکیک بالا را یافته است. گزارش حاضر به شرح مطالعات و فعالیتهای انجام گرفته شده می پردازد.

در فصل اول مروری کوتاه روی مفهوم ارتعاش داشته و به زبان ساده از ضرورت سنجش ارتعاش سخن خواهیم گفت. همچنین آلات اندازه گیری ارتعاش را معرفی می کنیم. در فصل دوم به بررسی و مقایسهٔ حسگرهای سنجش ارتعاش و بطور خاص شتاب سنج ها پرداخته و حسگر استفاده شده در این پروژه را معرفی می کنیم. مبانی تحلیل فرکانسی سیگنالهای دیجیتالی و بویژه FFT در فصل سوم آمده است. همچنین خطاهای مربوط به محاسبات ممیز ثابت و مفهوم پنجره ها در این فصل بررسی شده اند. چگونگی افزایش قدرت تفکیک فرکانسی و مباحث مربوط

به آن در فصل چهارم آمده است. در فصل پنجم سخت افزار پیاده شده را معرفی کرده و به بیان ویژگیها و امتیازات آن خواهیم پرداخت. الگوریتم های پیاده شده و نتایج حاصل از اجرای آنها در فصل ششم آمده است و در انتها، در فصل هفتم، کل طرح نتیجه گیری شده و پیشنهادات برای ادامهٔ کار آمده است.

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
فصل اول مهندسی ارتعاش	۱
۱ـ۱ـ مقدمه	۲
۱ـ۲ـ مطالعه ارتعاش	۳
۱ـ۳ـ زمینه های کاربرد	۸
۱ـ٤ـ تاریخچهٔ ارتعاش	۱۱
۱ـ٥ـ سیگنال ارتعاش	۱۳
۱ـ٦ـ انواع سیگنالهای ارتعاش	۱٤
۱ـ۷ـ اندازه گیری ارتعاش	۱۸
۱ـ۸ـ مولدهای ارتعاش (لرزاننده ها)	۲۰
۱ـ۹ـ نتیجه گیری	۲۱

مرکز اطلاعات و مدارک علمی ایران

فصل دوم حسگرهای ارتعاش ۲۲

۱ـ۲ـ مقدمه ۲۳

۲ـ۲ـ اصول کار شتاب سنج ۲۳

۳ـ۲ـ انواع شتاب سنج ها ۲۷

۱ـ۳ـ۲ـ شتاب سنج های خودفرمان ۲۹

۱ـ۱ـ۳ـ۲ـ نوع مغناطیسی و سیم پیچی ۳۰

۲ـ۱ـ۳ـ۲ـ نوع الکترواستاتیکی ۳٤

۲ـ۳ـ۲ـ شتاب سنج های پیزوالکتریک ۳۷

۳ـ۳ـ۲ـ شتاب سنج های پیزورزیستیو ٤٤

۱ـ۳ـ۳ـ۲ـ نوع سیلیکانی ٤٦

۲ـ۳ـ۳ـ۲ـ نوع فیلم ضخیم ٤۹

٤ـ۳ـ۲ـ شتاب سنج های خازنی ۵۲

۵ـ۳ـ۲ـ شتاب سنج های لخت ۵٦

٦ـ۳ـ۲ـ شتاب سنج های ریز ۵۸

٤ـ۲ـ تاثیر عوامل محیطی روی شتاب سنج ها ٦۷

۱ـ٤ـ۲ـ حرارت ٦۷

۲ـ٤ـ۲ـ رطوبت ٦۸

۳ـ٤ـ۲ـ صوت ٦٨

٤ـ٤ـ۲ـ کشش پایه ٦٩

٥ـ٤ـ۲ـ تداخلات الکترومغناطیسی (*EMI*) ٦٩

۵ـ۲ـ روش نصب شتاب سنج ها ۷۰

٦ـ۲ـ کابل های اتصال شتاب سنج ها ۷۰

۷ـ۲ـ مقایسهٔ انواع شتاب سنج ها ۷۱

۸ـ۲ـ نتیجه گیری ۷۳

فصل سوم تحلیل دیجیتالی سیگنالهای ارتعاش (بخش ۱) ۷٤

۱ـ۳ـ مقدمه ۷۵

۲ـ۳ـ سری فوریهٔ پیوسته ۷۵

۳ـ۳ـ تبدیل فوریهٔ پیوسته ۷٦

٤ـ۳ـ سری فوریهٔ گسسته ۷٦

۵ـ۳ـ تبدیل فوریهٔ گسسته ۷۷

٦ـ۳ـ نمونه برداری سیگنال پیوسته ۷۹

۳ـ۷ـ رابطهٔ *DFT* با تبدیل فوریهٔ یک سیگنال پیوسته ۷۹

۳ـ۸ـ بار محاسباتی *DFT* ۸۰

۳ـ۹ـ روش تقسیم و تقلیل ۸۱

۳ـ۱۰ـ الگوریتم های *FFT* پایهٔ ـ۲ ۸٤

۳ـ۱۱ـ الگوریتم های *FFT* پایهٔ ـ٤ ۸۸

۳ـ۱۲ـ آثار طول محدود ثبات در محاسبات *DFT* ۹۳

۳ـ۱۲ـ۱ـ آثار کوانتیزاسیون در *DFT* ۹۳

۳ـ۱۲ـ۲ـ آثار کوانتیزاسیون در *FFT* ۹٦

۳ـ۱۲ـ۳ـ آثار کوانتیزاسیون ضرائب در *FFT* ۹۸

۳ـ۱۳ـ پنجره ها و آثار آنها روی *DFT* ۹۹

۳ـ۱٤ـ نتیجه گیری ۱۰٦

فصل چهارم تحلیل دیجیتالی سیگنالهای ارتعاش (بخش ۲) ۱۰۷

٤ـ۱ـ مقدمه ۱۰۸

٤ـ۲ـ تحلیل *Zoom-FFT* ۱۰۸

۳ـ٤ـ روش هترودین ۱۰۹

٤ـ٤ـ تخمین ۱۱۱

٥ـ٤ـ مشخصهٔ یک فیلتر عملی ۱۱۳

٦ـ٤ـ انواع فیلتر ۱۱٤

۷ـ٤ـ طراحی فیلترهای *FIR* فاز خطی ۱۱٥

۱ـ۷ـ٤ـ طراحی فیلترهای *FIR* با استفاده از پنجره ها ۱۱٦

۲ـ۷ـ٤ـ طراحی فیلترهای *FIR* با استفاده از روش نمونه برداری فرکانسی ۱۱۸

۳ـ۷ـ٤ـ طراحی فیلترهای *FIR* هم موجک ۱۱۹

٤ـ۷ـ٤ـ مقایسهٔ روشهای طراحی فیلترهای *FIR* فاز خطی ۱۲۲

۸ـ٤ـ نتیجه گیری ۱۲۳

فصل پنجم سخت افزار ۱۲٤

۱ـ٥ـ مقدمه ۱۲٥

۲ـ٥ـ حسگر و پیش پردازشگر ۱۲٦

۱ـ۲ـ٥ـ حسگر ۱۲٦

۲ـ۲ـ٥ـ تقویت کننده ۱۲۷

۳ـ۲ـ۵ـ فیلتر ۱۲۷

۳ـ۵ـ *DSP* ۱۲۹

۱ـ۳ـ۵ـ ساختار تراشهٔ *TMS320C25* ۱۲۹

۲ـ۳ـ۵ـ حافظه های جانبی ۱۳۰

۴ـ۵ـ کنترلر ۱۳۳

۱ـ۴ـ۵ـ میکروکنترلر *80C196KC* ۱۳۳

۲ـ۴ـ۵ـ حافظه های جانبی ۱۳۴

۳ـ۴ـ۵ـ دسترسی به *RAM* مشترک ۱۳۶

۴ـ۴ـ۵ـ صفحه نمایش *LCD* گرافیکی ۱۳۸

۵ـ۴ـ۵ـ صفحه کلید ۱۳۸

۵ـ۵ـ تغذیه ۱۳۸

۶ـ۵ـ نتیجه گیری ۱۳۸

فصل ششم نرم افزار ۱۴۰

۱ـ۶ـ مقدمه ۱۴۱

۲ـ۶ـ نرم افزار میکروکنترلر ۱۴۱

۱ـ۲ـ۶ـ صفحه کلید ۱۴۱

۲ـ۲ـ٦ـ صفحهٔ نمایش ۱٤۱

۳ـ۲ـ٦ـ ورودی آنالوگ ۱٤۲

٤ـ۲ـ٦ـ ارتباط با حافظهٔ مشترک ۱٤۲

۳ـ٦ـ نرم افزار *DSP* ۱٤۲

۱ـ۳ـ٦ـ تحلیل *FFT* ۱٤۳

۱ـ۱ـ۳ـ٦ـ الگوریتم *FFT* حلقوی پایهٔ ۲ تقسیم در فرکانس ۱٤۳

۲ـ۱ـ۳ـ٦ـ الگوریتم *FFT* مستقیم پایهٔ ٤ تقسیم در فرکانس ۱٤٥

۳ـ۱ـ۳ـ٦ـ ملاحظات حافظه ۱٤٦

۲ـ۳ـ٦ـ تحلیل *Zoom-FFT* ۱٥۱

۱ـ۲ـ۳ـ٦ـ مخلوط کننده ۱٥۱

۲ـ۲ـ۳ـ٦ـ فیلتر تخمین ۱٥۳

۳ـ۲ـ۳ـ٦ـ تعیین ضرائب فیلتر تخمین ۱٥۷

٤ـ۲ـ۳ـ٦ـ الگوریتم تحلیل *Zoom-FFT* ۱٥۸

۳ـ۳ـ٦ـ نتایج الگوریتم های *DSP* ۱٦۱

٤ـ٦ـ نتیجه گیری ۱٦۱

فصل هفتم نتایج و بحث ۱٦۲

۱ـ۷ـ مقدمه ۱٦۳

۲ـ۷ـ چگونگی آزمون	۱۶۳
۳ـ۷ـ تعیین قدرت تفکیک فرکانسی	۱۶٤
٤ـ۷ـ تعیین قدرت تفکیک دامنه	۱۶۵
۵ـ۷ـ بحث	۱۶۶
٦ـ۷ـ نتیجه گیری	۱۶۶
فصل هشتم نتیجه گیری و پیشنهادات	۱۶۷
۱ـ۸ـ نتیجه گیری	۱۶۸
۲ـ۸ـ پیشنهادات	۱۶۸
ضمیمهٔ الف	۱۷۰
ضمیمهٔ ب	۱۸۶
ضمیمهٔ ج	۱۸۸
ضمیمهٔ د	۱۹۱
ضمیمهٔ ه	۱۹٤