مجموعه مقالات
دهمین کنفرانس مهندسی پزشکی ایران

سیستم تشخیصی ماوراء صوت بر پایه PC جهت تشخیص سینوزیتهای صورت و پیشانی

دکتر حمید ابریشمی مقدم
دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
moghadam@eetd.kntu.ac.ir

مهندس نصیر عابدی
دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
nassirabedi@yahoo.com

مهندس جواد صفایی
دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
javad_safaii@yahoo.com

چکیده- در این مقاله طراحی و ساخت یک سیستم تشخیصی ماوراء صوت A-scan بر پایهPC تشریح می‌گردد. سیستم حاصله می تواند جهت تشخیص سینوزیت‌های صورت و پیشانی و نیز جهت انجام آزمایشات مربوط به تشخیص نسوج بکار رود. به منظور جلوگیری از حذف هر گونه اطلاعات سیگنال بازگشتی،سخت افزار به گونه‌ای طراحی شده که امکان جمع‌آوری موج RF بازگشتی را فراهم می‌آورد. برای نمایش و پردازش اولیه سیگنال،نرم‌افزاری نوشته شده است که امکان نمایش بلادونگ اکوهای بازگشتی را فراهم نموده و نیز توانایی انجام پردازشهای اولیه بر روی سیگنال را دارد. نتایج آزمایشگاهی بدست آمده حاکی از درستی عملکرد سخت‌افزار و نرم‌افزار سیستم می‌باشد.

واژگان کلیدی- سیستم ماوراءصوت A-scan، کامپیوتر شخصی، میکروکنترلر، تشخیص نسوج به کمک ماوراء صوت، پژواک RF.

۱) مقدمه

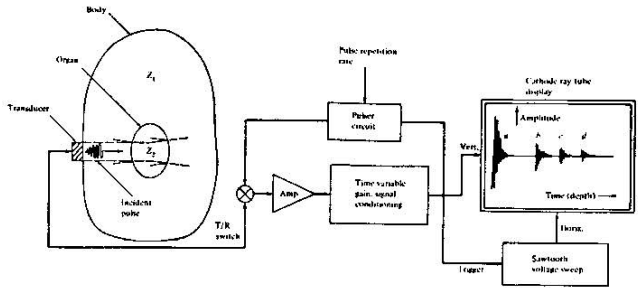
هدف ما در این پروژه ساخت یک سیستم A-mode بر پایه کامپیوتر شخصی بوده‌است[۱]. یکی از کاربردهای این سیستم که در این پروژه مدنظر بوده تشخیص سینوزیتهای صورت و پیشانی می‌باشد. هدف دیگر ساخت این سیستم،ایجاد یک مجموعه آزمایشگاهی برای مطالعه انتشار و پراکندگی امواج ماوراءصوت درون بافت است که میتوان از آن در زمینه ایجاد الگوریتم‌های تشخیص‌نسوج استفاده نمود. به همین دلیل در این سیستم بجای نمونه‌برداری از پوش‌سیگنال RF بازگشتی، سخت‌افزار طراحی شده از خود سیگنال RF نمونه‌برداری می‌نماید. همچنین سیستم فوق به نحوی طراحی شده که امکان کار با مبدلهای ماوراءصوت گوناگون با فرکانسهای متفاوت را دارد. بنابراین می‌تواند با مختصر تغییراتی جهت انجام آزمایشهای تشخیصی روی سایر اندامها نظیر چشم نیز بکار رود.

با توجه به کامپیوتری بودن سیستم نهایی،معماری سخت‌افزاری آن تفاوتهای کلی با آنچه به عنوان یک سیستم A-mode متداول است خواهد داشت. با وجود کامپیوتر امکان انجام پردازشهای گوناگون روی اطلاعات دریافتی را داریم که این امر در راستای تشخیص بیماری،کمک شایانی به پزشک خواهد نمود.

علاوه بر این می‌توان بعضی از قسمتهای سخت افزاری مورد نیاز را به صورت نرم‌افزاری، با دقت و قابلیت انتخاب بیشتر انجام داد. به عنوان مثال بخش TGC در تقویت‌کننده را-البته برای عمق‌های جستجوی کم- می توان به کمک نرم‌افزار شبیه‌سازی کرد. واضح است که در ازای دستیابی به مزایای فوق سخت افزار سیستم از پیچیدگی‌های خاصی برخوردار خواهد شد که در بخش‌های آتی به تفصیل شرح داده می شود.

۲) روش A-mode

این روش مانند اکثر روشهای تصویر برداری،بر پایه تکنیک pulse-echo می‌باشد. در این تکنیک،پالسی از امواج آکوستیکی توسط مبدل تولید شده و به داخل بافتی که تحت بررسی است فرستاده می‌شود. هر انعکاس ناشی از برخورد این موج به مرز بین دو بافت با امپدانس‌های آکوستیکی متفاوت،توسط مبدل دریافت خواهدشد. زمان بین انعکاسها متناسب با عمق مرز دو بافت خواهد بود. روش فوق در واقع می‌تواند یک تصویر تک بعدی در راستای انتشار موج آکوستیک از وضعیت و ضخامت بافتهای متفاوت را بدست دهد. شکل (۱) طرح کلی یک سیستم تصویر برداری A-mode را نشان می‌دهد [۲].



شکل ۱. اجزای اصلی یک سیستم ماوراء صوت A-scan

مدار تحریک،یک پالس با ولتاژ بالا تولید می‌کند که باعث تحریک مبدل شده و یک پالس آکوستیکی تولید خواهد شد. سوئیچ T/R در واقع تقویت‌کننده حساس با بهره بالای ورودی را از موج تحریک که دارای دامنه ولتاژ زیاد است جدا میکند،در نتیجه از پدیده هایی نظیر اشباع و سوختن طبقات آن جلوگیری می‌شود. این کلید در حالت فرستندگی، موج تحریک را عبور داده و به مبدل می‌رساند و در موقع گیرندگی،امواج ضعیف حاصل از انعکاس را به پیش تقویت‌کننده هدایت خواهد کرد.

به محض تحریک،یک مولد موج دندانه اره‌ای شروع به کار خواهد کرد که از این مدار برای جاروب افقی صفحه نمایش (CRT) استفاده می‌شود. اطلاعات عمودی صفحه نمایش نیز از سیگنالهای دریافتی که تقویت و پردازش شده‌اند، بدست خواهد آمد.

در گیرنده،مدارهای الکترونیکی وجود دارد که موج دریافتی را به منظور بهبود کیفیت و سادگی مطالعه روی آن، شکل دهی میکند. اولین طبقه تقویت‌کننده باید دارای بهره زیاد، نویز کم و پاسخ فرکانسی مطلوب جهت تقویت سیگنالهای ضعیف ورودی باشد. طبقه بعدی، تقویت‌کننده دیگری است که مقدار بهره آن با زمان تغییر میکند. این طبقه که به TGC[۱] معروف است برای جبران انعکاسهایی است که از اعماق پایین‌تری می آیند، زیرا این انعکاسها به دلیل طی مسافت بیشتر دچار تضعیف بیشتری شده‌اند. بهره طبقه TGC باید با نرخ حدوداً 1

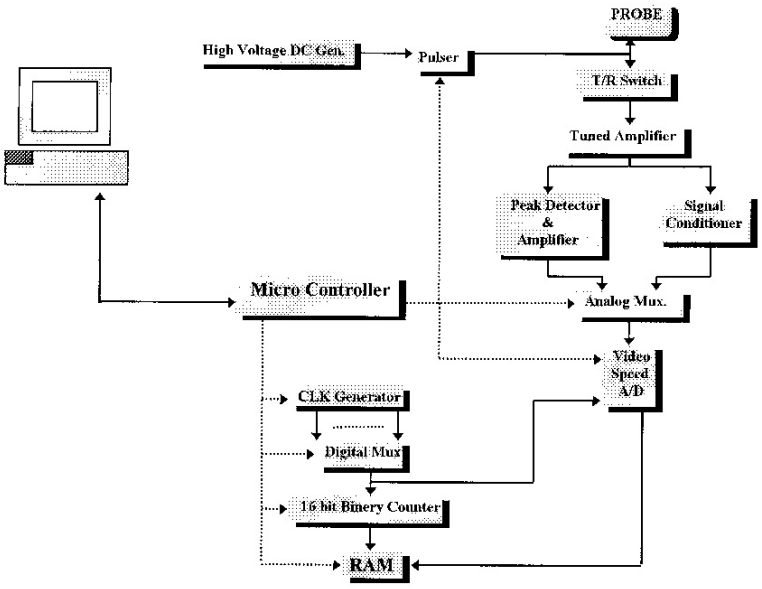
[۱] Time Gain Control

dB/MHz برای دوره‌های زمانی که در آنها موج حدوداً 1Cm از بافت را طی می‌کند، افزایش یابد. چون سرعت امواج آکوستیکی را در بافتهای نرم حدود 154 Cm/ms فرض کردیم بنابراین نرخ افزایش بهره برابر خواهد بود با 154 dB/ms به ازای هر 1MHz از امواج فرستاده شده.

یکی از زمینه‌هایی که روش A-mode در آن کاربرد فوق العاده دارد بررسی تورم میانی مغز[۲] است. این پدیده را میتوان از دریافت انعکاسهای سطوح نزدیک و دور مغز مورد بررسی قرار داد. از کاربردهای دیگر سیستم A-mode می توان به چشم پزشکی اشاره کرد. در این حیطه میتوان از قابلیتهای سیستم A-mode در تشخیص ابعاد و اندازه کره‌چشم، انواع خونریزیهای داخلی، وجود تومورها و یا تشخیص موقعیت یک جسم خارجی که وارد چشم شده استفاده نمود. در این کاربردها به علت کوچکی فواصلی که باید اندازه گیری کرد از مبدل‌هایی با فرکانس بالا بین 5-15MHz استفاده میشودکه در نتیجه تصویر حاصله دارای دقت مناسبی خواهد بود

۳) سخت افزار

شکل (۲) شمای کلی سخت‌افزار طراحی شده را نشان می دهد. همانطور که در شکل مشاهده می شود، قسمتهای سخت افزاری موجود قبل از مبدل آنالوگ به دیجیتال، تقریبا مشابه آنچه به عنوان سیستم A-mode گفته شد، می باشد[٤]. از مبدل A/D به بعد بخاطر دیجیتال شدن سیگنال و سیستم‌های لازم برای ذخیره و ارسال اطلاعات به کامپیوتر، ساختار مدار کاملا شکل دیگری پیدا میکند. تحریک مبدل ماوراءصوت توسط پالسهای



شکل ۲. طرح کلی سخت افزار سیستم

[۲] Echo-encephalography

ولتاژ سوزنی شکل با دامنه ولتاژ زیاد صورت می‌پذیرد. به منظور تولید این پالسها، از یک مبدل سوایچینگ DC/DC و یک مدار پالسر استفاده شده‌است. مدار مبدلDC/DC یک ولتاژ قابل کنترل در رنج ۱۰۰ الی ۲۰۰ ولت تولید میکند و مدار پالسر، با دستور میکرو کنترلر(MCS8951)، که نقش هماهنگ کننده قسمتهای گوناگون سیستم را بر عهده دارد [۵]، پالس مورد نیاز برای تحریک مبدل را فراهم می کند.

مبدل ماوراءصوت مورد استفاده در این پروژه، یک مبدل صنعتی با نام تجاری MB2S ساخت شرکت Krautkramer است. پس از تحریک، اکوهای بازگشتی وارد یک تقویت‌کننده با بهره بالا و پهنای باند محدود می شوند. این مدار به نحوی طراحی گردیده که امکان پشتیبانی از مبدلهای ماوراءصوتی با فرکانس مرکزی ۱ الی ۵ مگاهرتز را داشته باشد (فرکانس مرکزی مبدل MB2S، ۲ مگاهرتز است). پس از تقویت، بسته به دلخواه کاربر، سخت افزار امکان نمونه برداری از موج RF بازگشتی یا پوش سیگنال (سیگنال A-scan) را دارد. این امکان به ما اجازه خواهد داد تا از این سیستم بتوانیم در آزمایشات دیگری مانند تشخیص نسوج بهره برداری نماییم. سرعت نمونه‌برداری مبدل آنالوگ به دیجیتال ۸ بیتی سیستم نیز توسط کاربر قابل تنظیم است و حداکثر می تواند تا ۱۲ مگاهرتز افزایش یابد. بدین ترتیب پس از تبدیل اطلاعات با شکل و سرعت نمونه برداری دلخواه به دیجیتال، این مجموعه در حافظه موجود در سخت افزار ذخیره شده و نهایتا با دسترسی مستقیم میکروپروسسور به کامپیوتر منتقل میگردد. در این انتقال، به جهت افزایش سرعت، سخت‌افزار به نحوی طراحی شده که از دخالت میکروکنترلر جلوگیری میکند. البته برای افزایش سرعت سیستم می‌توان از قابلیتهای DMA نیز استفاده نمود.

٤) نرم افزار

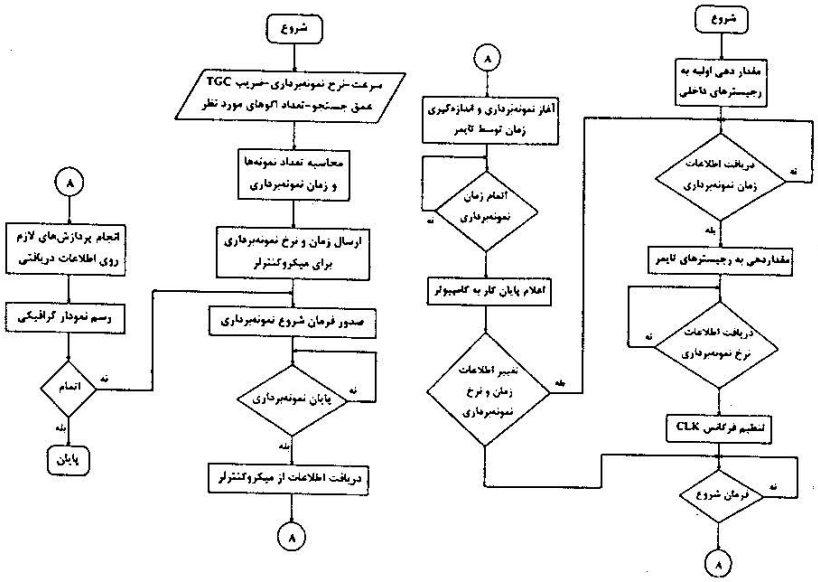
سیستم طراحی شده، دارای دو نرم‌افزار میباشد که یکی به زبان پاسکال نوشته شده، در کامپیوتر اجرا میگردد و دیگری به زبان اسمبلی که در میکروکنترلر وجود دارد. برای شناخت بهتر به بررسی هر بخش بصورت جداگانه می پردازیم.

٤-١) نرم افزار کامپیوتر

این نرم‌افزار که نمودار جریان آن در شکل (۳) مشاهده میشود، تحت سیستم عامل DOS و با استفاده از TurboPascal 7 نوشته شده و نقش یک واسط گرافیکی بین کاربر و سیستم را بر عهده دارد. در این نرم افزار امکان انتخاب مشخصات کاری سیستم و نیز مشخصات بافت مورد آزمایش نظیر سرعت، عمق و ضریب TGC پیش بینی گردیده است. همچنین این نرم افزار امکان آشکار سازی امواج RF بازگشتی را بصورت نرم افزاری دارد که این امر ما را از پارامترهای غیر خطی مدار آشکارساز بدور خواهد داشت.

٤-٢) نرم افزار میکروکنترلر

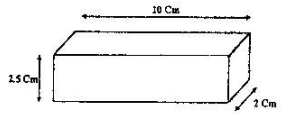
این نرم افزار که نمودار جریان آن در شکل (٤) نشان داده شده است، در محیط اسمبلی نوشته شده و قابلیت تنظیم پارامترهای قابل تغییر سیستم نظیر نرخ نمونه برداری، تنظیم زمان نمونه برداری و غیره را دارد که برای این منظور توسط یک پروتکل ویژه با کامپیوتر ارتباط برقرار کرده و اطلاعات لازم را دریافت می کند.



شکل ۳. نمودار جریان نرم افزارموجود در میکروکنترلر شکل ٤. نمودار جریان نرم افزار موجود در کامپیوتر

۵) نتایج و اندازه گیریها

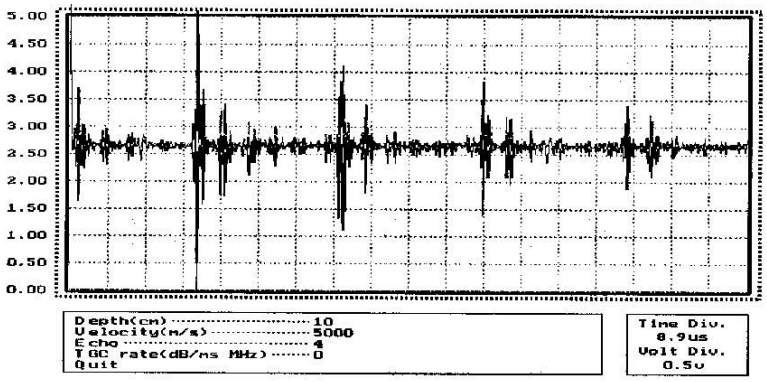
به منظور تست صحت عملکرد سیستم طراحی شده، با توجه به اینکه صرفا یک مبدل ماوراء صوت صنعتی در اختیار بود، آزمایشهای گوناگونی روی یک قطعه آهن که نمای کلی آن در شکل (۵) آمده است، انجام گردید. در این حالت با قرار دادن مبدل بر روی آهن و استفاده از آب به عنوان ماده کوپل کننده، پس از تحریک مبدل ماوراءصوت، اکوهای بازگشتی زیادی خواهیم داشت که ناشی از حرکت موج داخل فلز، برخورد آن به دیواره و بازتابش مجدد می باشد.



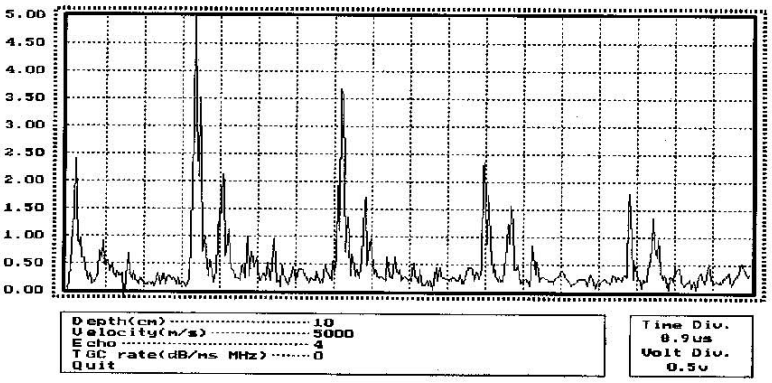
شکل ۵. ابعاد و شکل قطعه آهنی مورد استفاده در آزمایش

برای نمایش اکوهای بازگشتی با توجه به سخت افزار طراحی شده، دو روش نمایش وجود دارد که هر دو در نرم‌افزار سیستم در نظر گرفته شده‌اند. روش اول نمایش اکوهای بازگشتی به صورت واقعی یا RF است. روش دوم که نمایش به شیوه A-mode است، اطلاعات امواج دریافتی پس از آشکارسازی، در صفحه نمایش رسم می‌گردند. علاوه بر روشهای فوق، دو حالت دیگر برای عملکرد سیستم در نظر گرفته شده است. این‌دو حالت را

با عنوان‌های Free Run و Step by Step شناسایی می‌کنیم. در حالت اول با اجرای برنامه، نرم‌افزار پس از هر بار دریافت و نمایش اطلاعات، مجددا به صورت خودکار فرمان شروع را صادر می کند. در حالت دوم پس از دریافت اطلاعات مربوطه و نمایش آن در انتظار صدور فرمان مجدد از طرف کاربر می ماند. در این روش، مشاهده دقیق تصویر و بررسی آن امکان پذیر خواهد بود. به منظور تست صحیح عملکرد، آزمایش های گوناگونی با سیستم طراحی شده انجام گرفت که در شکلهای (٦) و (٧)، دو نمونه از آنها نمایش داده شده است. اگر سرعت امواج آکوستیکی در آهن را ۵۹۰۰ m/s فرض کنیم [۴]، اطلاعات حاصله از محاسبات تئوری و مشاهدات عملی با یکدیگر هماهنگی نشان میدهند.



شکل ٦. تست افقی قطعه با نمایش سیگنال RF بدون TGC



شکل ٧. تست افقی قطعه با نمایش موج آشکار شده بدون TGC

نتیجه گیری و پیشنهادات

۱- سخت افزار یک PC کلیه قابلیتهای لازم از جمله سرعت بالای جابجایی اطلاعات برای انجام آزمایش اولتراسونیک روی بافت را دارا می باشد. از این رو امکان استفاده از سخت افزار کامپیوتر جهت انجام آزمایشات در بیمارستانها، کلینیکها و حتی مطبهای خصوصی وجود دارد. به این ترتیب طرح فوق این قابلیت را دارد که با حداقل هزینه، انجام تستهای اولتراسونیک را در مراکز درمانی ممکن سازد.

۲- علاوه بر آزمایش نسوج صورت و پیشانی، با بالا بردن فرکانس کار مبدل ماوراء صوت، از این سیستم می توان جهت تستهای مربوط به اپتومتری (آزمایشات معاینه چشم) استفاده نمود. طبق بررسی های انجام شده، در این مورد نیز یک PC کلیه قابلیتهای لازم را دارا میباشد. البته سیستم طراحی شده در چارچوب این پروژه با مختصر تغییراتی می‌تواند جهت معاینات چشم بکار رود.

۳- با توجه به اینکه سخت‌افزار و نرم‌افزار ایجاد شده امکان استخراج سیگنال RF بازگشتی را در اختیار قرار می‌دهند، بنابراین این سیستم می تواند به عنوان یک مجموعه آزمایشگاهی جهت تحقیقات در زمینه تشخیص نسوج به کمک ماوراءصوت بکار رود [٦]. همچنین PC امکان ارتقاء سیستم بصورت نرم افزاری را در اختیار قرار می‌دهد. بطور مثال با تکمیل نرم‌افزار سیستم از طریق پیاده سازی و افزودن الگوریتم های پردازش سیگنال دیجیتال، می توان ابزارهای لازم جهت تجزیه و تحلیل سیگنال را در اختیار قرار داد. پر واضح است که سیستم های تجاری معادل سیستم فوق، نمی توانند انعطاف پذیری‌های سیستم فوق را از خود نشان دهند.

٤- سیستم A-scan ایجاد شده، امکان ارزیابی توانایی یک PC را بمنظور ارتقاء سیستم جهت کار در فرکانسهای بالاتر و حتی تحقق سیستم تصویربرداری B-scan، میسر ساخته است. به نظر مجریان پروژه در حال حاضر، یک کامپیوتر شخصی، قادر به تامین احتیاجات محاسباتی و سرعتی مورد نیاز یک سیستم ساده B-scan می باشد.

در جهت بهینه سازی و ارتقاء سیستم ساخته شده، پیشنهادات زیر ارائه می گردد:

۱) برای بالا بردن سرعت سیستم در انتقال اطلاعات می توان از قابلیتهای DMA موجود در کامپیوتر استفاده نمود.

۲) به منظور ایجاد امکان ارتباط آسانتر کاربر با مجموعه ساخته شده، می توان یک محیط کاملا گرافیکی با نرم افزارهای تحت Windows ایجاد نمود که امکان تغییر پارامترهای سیستم را در حین انجام کار نیز داشته باشد.

۳) برای ایجاد قابلیت بیشتر در پردازش اطلاعات، امکان تنظیم ضریب TGC به صورت یک منحنی غیر خطی برای کاربر وجود داشته باشد.

٤) امکان انجام انواع پردازش ها بر روی سیگنال بصورت از قبل تعریف شده وجود داشته باشد تا به وی در امر تشخیص کمک نماید.

مراجع

[۱] جواد صفایی، "*سیستم تشخیصی ماوراء صوت بر پایه PC جهت تشخیص سینوزیتهای صورت و پیشانی*"، پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی الکترونیک، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، شهریور ۱۳۷۹

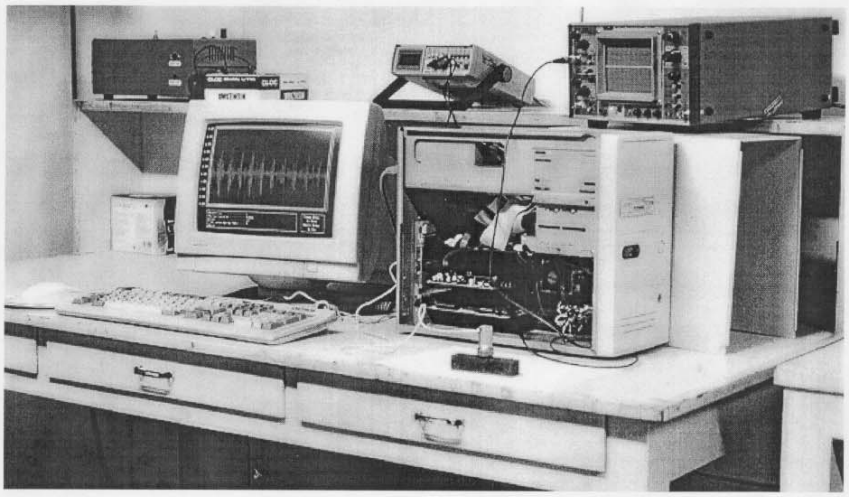
[2] Douglas A. Christensen, *Ultrasonic Bioinstrumentation*, 1988, John Wiley & Sons.

[3] Josef Krautkramer, Herbert Krautkramer, *Ultrasonic Testing of Materials*, 1990, Springer-Verlog

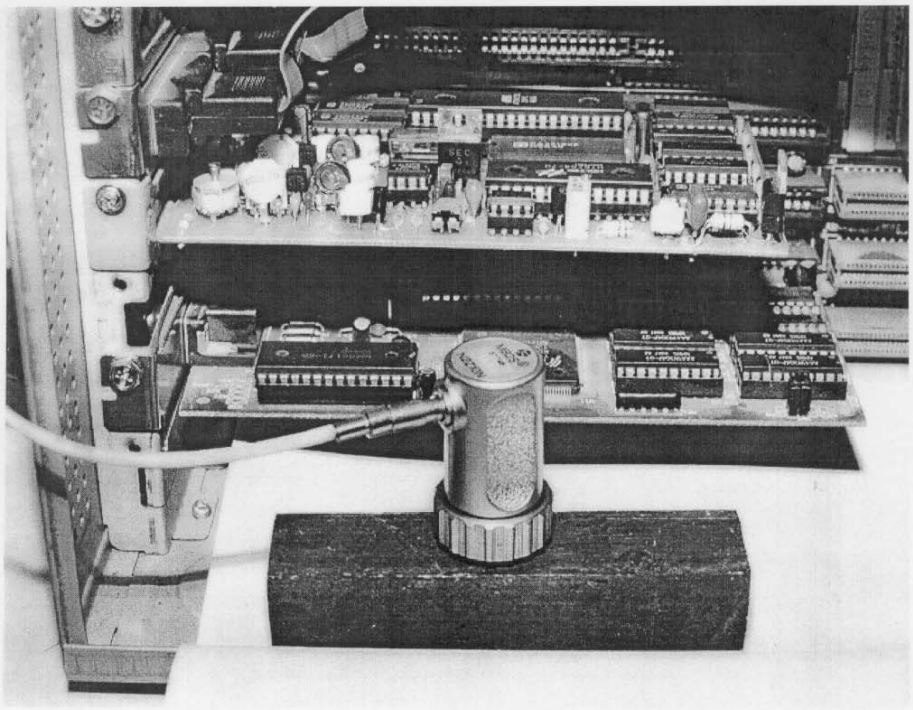
[4] Albert S. Birks, *Nondestructive Testing Handbook*, 1995, Vol. 7, Ultrsonic Testing, American Society for Nondestructive Testing.

[5] I. Scott Mackenzic, *The 8051 Microcontroller*, 1995, Prentice-Hall.

[6] John T. Harmon, "*Fetal Tissue Charcterization for Transplantation*", NIH Guide, Vol. 22, No. 28 28, August 1998.



ضمیمه ۱ - شمای کلی سیستم در حین کار



ضمیمه ۲ - تصویر کارت طراحی شده،پراب و قطعه مورد آزمایش