

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ. И. СӘТБАЕВ АТЫНДАҒЫ ҚАЗАҚ ҰЛТТЫҚ ТЕХНИКАЛЫҚ ЗЕРТТЕУ
УНИВЕРСИТЕТІ



SATBAYEV
UNIVERSITY

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

«Робототехника және автоматиканың техникалық құралдары» кафедрасы

Рысбекова Айгерім Қанатовна

«Дефектоскопия үшін ультрадыбыстық датчикті әзірлеу»

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

5B071600 – Аспап жасау мамандығы

Алматы 2022

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ. И. СӘТБАЕВ АТЫНДАҒЫ ҚАЗАҚ ҰЛТТЫҚ ТЕХНИКАЛЫҚ ЗЕРТТЕУ
УНИВЕРСИТЕТІ



SATBAYEV
UNIVERSITY

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

«Робототехника және автоматиканың техникалық құралдары» кафедрасы



ҚОРҒАУҒА РҰҚСАТ

РТжАТҚ кафедра меңгерушісі

техника ғылымдарының кандидаты

Қ.А. Ожикенов

«25» мамыр 2022 ж.

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

Тақырыбы: «Дефектоскопия үшін ультрадыбыстық датчикті әзірлеу»

5B071600 – Аспап жасау мамандығы бойынша

Орындады

Рысбекова А.Қ.

Рецензент

Техника ғылымдарының

докторы

Ғылыми жетекшісі

техн. ғылым. магистрі

Базарбай Л.

(Ғылыми атағы, дәрежесі)

Джомартов А.А.

қолы

аты-жөні

«25» мамыр 2022 ж.

«25» мамыр 2022 ж.

Алматы 2022

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ. И. СӘТБАЕВ АТЫНДАҒЫ ҚАЗАҚ ҰЛТТЫҚ ТЕХНИКАЛЫҚ ЗЕРТТЕУ
УНИВЕРСИТЕТІ



SATBAYEV
UNIVERSITY

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

«Робототехника және автоматиканың техникалық құралдары» кафедрасы

5B071600 – Аспап жасау



БЕКІТЕМІН

РТжАТҚ кафедра меңгерушісі
техника ғылымдарының кандидаты
Қ.А. Ожикенов
« 2 » мамыр 2022 ж.

ТАПСЫРМА

дипломдық жұмысты орындауға

Білім алушыға Рысбекова Айгерім Канатовна

Тақырыбы: Дефектоскопия үшін ультрадыбыстық датчикті әзірлеу

Университет ректорының бұйрығымен бекітілген №489-П/Ө 24.12.2021 ж.

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі «25» мамыр 2022 ж.

Дипломдық жұмыстың бастапқы мәліметтері: Ультрадыбысты бақылаудың қағидасы, ультрадыбыстық дефектоскоптардың жұмыс принципі туралы түсініктер.

Дипломдық жұмыста әзірленуге жататын мәселелер тізімі:

- Ультрадыбыстық датчиктің артықшылықтары.
 - Ультрадыбыстық қашықтықты өлшеу принциптерімен танысу, артықшылықтарын анықтау.
 - Arduino ортасында ультрадыбыстық дефектоскоптың жобасын құрастыру.
- Графикалық материалдың тізбегі (міндетті сызбаларды дәл көрсете отырып):
12 слайд

Ұсынылатын негізгі әдебиеттер: 18 әдебиеттер тізімі

Дипломдық жобаны дайындау

КЕСТЕСІ

Бөлімдер атауы, әзірленетін сұрақтар тізбесі	Ғылыми жетекшіге ұсыну мерзімдері	Ескертпелер
Теориялық бөлім	25.01 - 17.02. 2022 ж.	Орындады
Бағдарламалық бөлім	20.02 - 20.03. 2022 ж.	Орындады
Зерттеу бөлімі	23.03 - 30.04. 2022 ж.	Орындады
Қорытынды бөлім	01.05 - 07.05 2022 ж.	Орындады

Аяқталған дипломдық жобаға және оған қытысты бөлімдерінің кеңесшілері мен қалып бақылаушының

ҚОЛТАҢБАЛАРЫ

Бөлімдердің атауы	Ғылыми жетекшілер, кеңесшілер, (аты-жөні, тегі, ғылыми дәрежесі, атағы)	Қол қойылған күні	Қол
Қалып бақылаушы	Көшербай М.Т. Техника ғылымдарының магистрі	24.05.22	

Ғылыми жетекшісі



Базарбай Л.

Тапсырманы орындауға алған білім алушы



Рысбекова А.К.

Күні

«25» мамыр 2022 ж.

АНДАТПА

Ультрадыбыстық дефектоскоптар мұнай және газ өнеркәсібінде, энергетикалық объектілерде дәнекерленген қосылыстарды бақылау үшін, металдың үздіксіздігін бақылау үшін фазалық дефектоскоптар, коррозияны бақылау үшін дефектоскоптар, авиациялық композиттік материалдар үшін кеңінен қолданылады.

Ақауларды анықтауға арналған ультрадыбыстық датчикті жасау, оның құрамын талдау, жұмыс істеу принципін сипаттау қарастырылады. Ол үшін олар жалпы ақауларды анықтау туралы ақпараттар келтірілді, олардың артықшылықтары мен кемшіліктерін көрсетілді. Ультрадыбыстық әдіс принципінің анықтамасы берілді.

Ультрадыбыстық датчиктің жалпы жұмыс принципі ұсынылған. Оның құрылымы мен құрамы анықталды, құрылымдық сұлбасы берілді.

Жол жиегіндегі лазерлік датчиктердің жұмыс принципі ұсынылды. Arduino-да жұмыс істейтін прототипі талданды. Ультрадыбыстық дефектоскоптың жобасының схемасы талданды.

АННОТАЦИЯ

Ультразвуковые дефектоскопы широко применяются в нефтяной и газовой промышленности, для контроля сварных соединений в энергетических объектах, фазовые дефектоскопы для контроля сплошности металла, дефектоскопы для контроля коррозии, авиационных композиционных материалов.

Рассмотрены разработка ультразвукового датчика для дефектоскопии, анализ его состава, описание принципа действия. Для этого ознакомлены с информацией об общей дефектоскопии, показать их достоинства и недостатки. Определение принципа ультразвукового контроля.

Приведен общий принцип работы ультразвукового датчика. Выбран нужный датчик и определен его структура и состав.

Предложен принцип работы придорожных лазерных датчиков. Был проанализирован прототип, работающий на Arduino. Проанализирована схема проекта ультразвукового дефектоскопа.

ANNOTATION

Ultrasonic flaw detectors are widely used in the oil and gas industry, for the control of welded joints in power facilities, phase flaw detectors for metal continuity control, flaw detectors for corrosion control, aviation composite materials.

The development of an ultrasonic sensor for flaw detection, analysis of its composition, description of the principle of operation are considered. To do this, they are familiarized with information about general flaw detection, show their advantages and disadvantages. Definition of the principle of ultrasonic testing.

The general principle of operation of the ultrasonic sensor is presented. The required sensor was selected and its structure and composition were determined.

The principle of operation of roadside laser sensors is proposed. A prototype running on Arduino was analyzed. The scheme of the ultrasonic flaw detector project is analyzed.

МАЗМҰНЫ

Кіріспе	5
1 Ультрадыбысты бақылау	7
1.1 Ультрадыбысты бақылаудың қағидасы	7
1.2 Ультрадыбыстық дефектоскоптың жұмыс алгоритмі	8
1.3 Ультрадыбыстық датчиктің жұмыс істеу принципі	9
1.4 Ультрадыбыстық датчиктің артықшылықтары	11
1.5 Ультрадыбыстық дефектоскоптардың жұмыс принципі	11
2 Құрастыру бөлімі	14
2.1 Таратушы блогы	14
2.2 Күшейткіштің қабылдау блогы	14
2.3 Датчикке талдау жасау	15
2.4 Ультрадыбыстық қашықтықты өлшеу	16
2.5 Жұмыс принципі	17
2.6 Ақауларды анықтауға арналған ультрадыбыстық датчиктер	21
2.6.1 Ультрадыбыстық дефектоскоп: жұмыс принципі	21
2.6.2 Ультрадыбыстық дефектоскоптардың түрлері	22
2.6.3 Қолдану саласы	22
2.7 Arduino-да жұмыс істейтін прототип	24
2.8 Ультрадыбыстық дефектоскоптың жобасын құрастыру	25
Қорытынды	29
Пайдаланған әдебиеттер тізімі	30
Қосымша А	31

КІРІСПЕ

Осы уақытқа дейін ультрадыбыстық дефектоскоптар керемет технологиялық дамуға ие болды. Бүгінгі күні ультрадыбыстық дефектоскоптар кез келген инспектордың барлық қажеттіліктерін қанағаттандыру үшін қажетті ең сенімді және заманауи мүмкіндіктерге ие. Жоғары сапалы және тиімді бақылау көп жағдайда ультрадыбыстық дефектоскоптар арқылы қамтамасыз етіледі.

Қазіргі әлемде ультрадыбыстық дефектоскоптар 2 үлкен топқа бөлінеді - классикалық ультрадыбыстық дефектоскоптар және фазалық массив технологиясы бар дефектоскоптар. Классикалық дефектоскоптар - бұл бір ультрадыбыстық сәулемен тестілеуге мүмкіндік беретін бір арналы (сирек көп арналы) құрылғылар желісі. Бұл құрылғылар ультрадыбыстық сынаудың негізі болып табылады және көптеген жылдар бойы сәтті қолданылып келеді.

Фазалық массивтің ультрадыбыстық дефектоскоптары классикалық ультрадыбыстық тестілеуге негізделген салыстырмалы түрде жаңа технологиялық шешім болып табылады, бірақ фазалық массив дефектоскоптары тестілеу үшін бір уақытта бірнеше ультрадыбыстық сәулелерді пайдаланады. Бұл технология басқару жылдамдығын, бақылау сапасын арттыруға мүмкіндік береді және классикалық әдіспен салыстырғанда ең тиімді болып табылады.

Ультрадыбыстық дефектоскоптарды ең көп қолданылатын мұнай және газ өнеркәсібінде, энергетикалық объектілерде дәнекерленген қосылыстарды сынау үшін, металл үздіксіздігін бақылау үшін фазалық массив дефектоскоптары, коррозияны бақылау үшін, авиациядағы композиттік материалдар үшін дефектоскоптар, құйма сапасын тексеру үшін дефектоскоптар кеңінен қолданысқа келді.

Ультрадыбыс - бұл адам құлағы қабылдайтын жиіліктен жоғары дыбыс толқындары, әдетте ультрадыбыстық 20 кГц-тен жоғары жиілікті білдіреді. Ультрадыбыстық - бұл газдарда, сұйықтарда және қатты денелерде таралатын механикалық толқын.

Ультрадыбыстың жиілігі жоғары, толқын ұзындығы қысқа, дифракциясы аз және таралу жылдамдығы баяу. Ол белгілі бір бағытта қозғала алады, мысалы, жарық және оның өткізу энергиясы шоғырланған. Ультрадыбыстық толқынның амплитудасы өте аз және жеделдету өте үлкен, сондықтан ол энергияның үлкен мөлшерін генерациялай алады және сұйықтықтар мен қатты заттар үшін, әсіресе қатты денелерде үлкен ену қуатына ие болуы мүмкін. Ұзындығы бірнеше ондаған метрге дейін ене алады.

Сыртқы жарық пен электромагниттік өріске сезімтал емес, қараңғы, шанды немесе тұманды, күшті электромагниттік кедергілерде, улы және қатал ортада қолдануға болады, бұл ультрадыбыстық толқын сипаттамалары қашықтан басқаруда, алыс қашықтықта және басқа салаларда кеңінен қолданылады.

Дипломдық жобамның өзектілігі. Ультрадыбыстық сынау құрылғылары ультрадыбысты пайдалана отырып, зерттеу объектісінде ақауларды іздейді. Ультрадыбыстық датчиктердің жұмысы ультрадыбыстық тербелістерге негізделген, олар өнімнің ішіндегі біркелкі еместерден көрінеді және ақаулардың тереңдігін, сондай-ақ олардың өлшемдері мен координаттарын анықтауға мүмкіндік береді. Дефектоскоптар металдардан, пластмассада, композиттік материалдардан, бетоннан және басқа материалдардан жасалған бұйымдарды бақылауда қолданылады.

Ультрадыбыстық дефектоскоптар мұнай-газ кешенінде, энергетикада, көлікте, машина жасаудың әртүрлі салаларында және басқа да көптеген салаларда сәтті қолданылады.

Жұмыстың мақсаты

Дефектоскопия үшін ультрадыбыстық датчикті әзірлеу, оның құрамын талдау, жұмыс принципін сипаттау. Осы мақсатта жалпы дефектоскопия туралы ақпараттармен танысу, олардың артықшылықтары мен кемшіліктерін көрсету. Ультрадыбысты бақылаудың қағидасын анықтау.

Жалпы ультрадыбысты датчиктің жұмыс принципін жазу. Керекті датчикті таңдап, оның құрлысын, құрамын анықтау. Сұлбаларын келтіру жұмыстары орындалады.

1 Ультрадыбысты бақылау

1.1 Ультрадыбысты бақылаудың қағидасы

Ультрадыбыстық бақылау әдісі бұзылмайтын әдістерге жатады. Бұл әдіс төмен легирленген және төмен көміртекті болаттардан, алюминийден, мыс пен кеңінен қолданылады.

Серпімді денеде таралатын механикалық деформациялар акустикалық немесе серпімді толқындар деп аталады. Олар инфрадыбыстық (тербеліс жиілігі 30 Гц-ке дейін), дыбыстық (20 - 20 x 10⁴ Гц), ультрадыбыстық (2 x 10⁴-тен 10⁹ Гц-ке дейін) және гипердыбыстық (10⁹ Гц-тен жоғары) болып бөлінеді. Акустикалық толқын тараған кезде олар өтетін ортаның бөлшектері тепе-теңдік нүктелеріне қарай тербеледі. Егер бөлшектер бойымен тербелсе, онда мұндай толқындар бойлық, перпендикуляр болса көлденең деп аталады. Қатты денеде бойлық және көлденең да бар. Ультрадыбыстық ақауларды анықтау кезінде дәнекерленген қосылыстарды басқару үшін негізінен көлденең және бойлық ультрадыбыстық толқындар қолданылады. Ультрадыбыстық толқындардың жылдамдығы олар таралатын материалдың немесе ортаның қасиеттеріне байланысты.

Ультрадыбыстық толқын өзінің қозғалыс бағытында белгілі бір энергияны алып жүреді, ол ультрадыбыстың интенсивтілігімен сипатталады (таралу бағытына перпендикуляр аумақтың 1 см² арқылы 1 с ішінде толқын арқылы берілетін энергия мөлшері). Ультрадыбыстық толқын тараған сайын оның қарқындылығы төмендейді. Толқын жолының ұзындығын әлсірету коэффициентінің шамасы бойынша бағалауға болады. Қатты денелерде ол жұтылу және шашырау коэффициенттерінің қосындысы болып табылады.

Ультрадыбыстық тербелістерді қоздыру үшін пьезоэлектрлік эффект қолданылады, оның мәні кейбір кристалдар белгілі бір бағытта созылған және сығылған кезде олардың бетінде электр заряды пайда болатынында жатыр. Жоғары жиілікті генератордан пьезокристалдардың көмегімен электр тербелістері жиілігі 500 және 1000 МГц-ке дейінгі механикалық тербелістерге айналады [4].

Егер жоғары жиілікті генераторға қосылған бөліктің бетіне пьезоэлектрлік пластина бекітілсе, онда ультрадыбыстық толқындар металда тарай бастайды, ол басқа пьезоэлектрлік пластинаға түсіп, онда пьезоэлектрлік зарядтарды тудырады. Бұл зарядтарды күшейткішке қолдануға және индикатор арқылы шығаруға болады.

Ультрадыбыстық тербелістерді енгізу және ақаулардан шағылғандарды қабылдау үшін, сондай-ақ пьезоэлектрлік пластинаны механикалық зақымданудан және тозудан қорғау үшін соңғысы ультрадыбыстық пьезоэлектрлік түрлендіргіштер (ПЭТ), зондтар және іздегіштер деп аталатын арнайы құрылғыға орналастырылады.

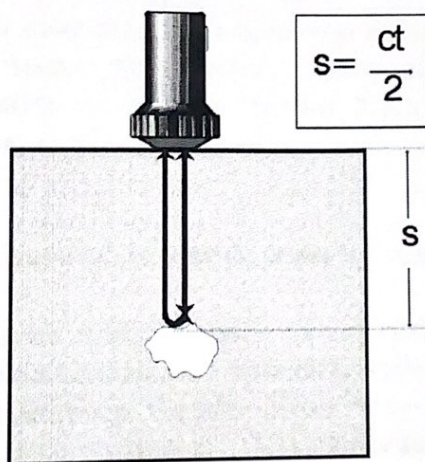
ПЭТ бірнеше түрге бөлінеді: аралас – бір ПЭТ корпусындағы ультрадыбыстық толқындардың таратқышы және қабылдағышы; дара - асырылады; дара біріктірілген - ультрадыбыстық толқынның таратқышы мен қабылдануы ПЭТтың бір корпусында орналасқан екі бөлек кристалдармен орындалады. Толқындар үздіксіз немесе импульс түрінде таралуы мүмкін. Бұл генератордың жұмыс режиміне байланысты.

Ультрадыбыстық сынауды жүргізу үшін ультрадыбыстық тербелістердің сәулеленуін, шағылысқан сигналдарды қабылдауды және тіркеуді және ақауларды анықтау координаттарын анықтауды қамтамасыз ететін арнайы ультрадыбыстық дефектоскоптар қолданылады. Ультрадыбыстық дефектоскоп электронды блоктан (дефектоскоптың өзі), ПЭТ жиынтығынан, қосу кабельдерінен және әртүрлі қосалқы құрылғылардан тұрады [7].

1.2 Ультрадыбыстық дефектоскоптың жұмыс алгоритмі

ПЭТ көмегімен басқарылатын объектіге қысқа ультрадыбыстық сигнал беріледі, қабылдағышқа шағылған сигналды қабылдап, дыбыстық сигналдың ПЭТ шағылыстыратын бетке және кері өту уақыты өлшенеді.

Бұл нақты анықталған басталу және аяқталу уақыты болғанда ғана мүмкін болады. Егер сынақ объектісінде дыбыс жылдамдығы белгілі болса, онда қарапайым есептеулерді қолдана отырып, шағылыстыратын бетке дейінгі қашықтықты және осылайша сынақ объектісінде үзілістің нақты орнын анықтауға болады.



Сурет 1.1 – Уақыт пен импульстік жолды өлшеу принципі

Уақытты өлшеу электрлік беріліс импульсін – козу импульсін қолданудан басталады. Бұл түрлендіргіштің пьезо элементінде дыбыс импульсін тудыратын өте қысқа электр разряды. Дыбыс импульсі материал арқылы өтеді және үзілістен немесе материалдың қарама-қарсы бетінен шағылысу кезінде түрлендіргішке қайта оралады. Алынған тербеліс уақытты өлшеуді тоқтататын электрлік импульске айналады. Шағылысатын бетке дейінгі қашықтықты келесі формула арқылы есептеуге болады:

$$S=ct/2, \quad (1.1)$$

мындағы, s – дыбыс импульсының жолы [мм]; c – материалдағы дыбыс жылдамдығы [км/с]; t – импульстың өту уақыты [с].

Ультрадыбыстық зерттеудің тиімділігі бірқатар факторларға байланысты. Бұл жағдайда ультрадыбыстық толқындардың жиілігі үлкен мәнге ие. Жиіліктің ұлғаюымен олардың ұзындығы азаяды, демек, әдістің сезімталдығы артады, яғни кішірек ақауларды анықтау ауқымы кеңейтілді. Дегенмен, жиіліктің жоғарылауымен басқарылатын металл құрылымының әсері ультрадыбыстық тербелістердің таралуында үлкен дәрежеде көріне бастайды.

Ультрадыбыстық ақауларды анықтаудың артықшылығы - өнімге бір жақты қол жеткізу арқылы басқару мүмкіндігі, әдістің қарапайымдылығы және жоғары өнімділігі, үлкен габаритті өнімдердегі ішкі ақауларды анықтауға мүмкіндік беретін жоғары ену қуаты, басқару процесін автоматтандыру, оператор мен айналасындағы жұмысшылар үшін толық қауіпсіздік, шағын ақауларды анықтауды қамтамасыз ететін жоғары сезімталдық.

Дефектоскоп - бұл жабындардағы және материал корпусындағы деформацияларды бақылауға және анықтауға арналған құрылғы. Ультрадыбыстық әдісті қолданатын ең танымал құрылғылар. Ультрадыбыстық диагностика бұзбайтын әдіске жатады, яғни ол өнімнің сыртқы түрін бұзбайды, сондықтан мұндай құрылғыларды көбірек салалар қолданады.

1.3 Ультрадыбыстық датчиктің жұмыс істеу принципі

Ақауларды анықтау және жабындардың кеуектілігін бақылау дыбыстың табиғатына байланысты мүмкін болады. Бір ортадағы дыбыс толқынының жиілігі мен ұзындығы сияқты параметрлер бірдей, бірақ жаңа ортада немесе бөгде дақтармен соқтығысқанда олар өзгереді. Ультрадыбыстық дефектоскоптың жұмысы дыбыстың осы қасиетіне негізделген.

Анығы: дыбыс жиілігі неғұрлым жоғары болса, толқындар соғұрлым сезімтал болады, сәйкесінше нәтиже дәлірек болады. Сондықтан ультрадыбыстық

дефектоскоптарда қолданылады - оның толқындары зерттелетін объект арқылы өтеді.

Ультрадыбыстық зерттеудің ерекшеліктерін ескере отырып, максималды дәлдік үшін зерттелетін беттерді төменгі шарттарды орындайтындай дайындау қажет:

- Талдау орнынан 50 мм қашықтықта объектіні тот пен бояудан тазалау керек;
- Толқынның жақсы өтуі үшін бетті арнайы жанасатын сұйықтықпен немесе машина майымен, маймен, сумен ылғалдандыру;
- Бетінің кедір-бұдырлығын қамтамасыз ету;
- Құралға реттеу жүргізу керек.

Қолдану аясы

Ақауды анықтайтын аспап көмегімен металдар мен олардың қорытпаларының, пластмассалардың, композиттік материалдардың, ағаштың, бетон конструкцияларының, жабысқақ қосылыстардағы ақауларды анықтауға болады.

Мұндай әмбебаптық әртүрлі салалардағы ультрадыбыстық датчиктерге сұранысты қамтамасыз етеді:

- Құрастыру алдында дәнекерлеу қосылыстарын тексеру;
- Металл конструкцияларын пайдалануға рұқсат алу;
- Бояу немесе қорғаныс қабатын жағу алдында жабындардың үздіксіздігін оларда кеуектер мен микро саңылаулардың болуын тексеру;
- Мұнай-газ саласындағы құбырлардың коррозиялық және эрозиялық зақымдануын анықтау;
- Жіңішкеру үшін қысымға ұшыраған құрылғылар мен құбырларды басқару;
- Дайын өнеркәсіп өнімдерінің өлшемдеріндегі ауытқулар;
- Құрылыста қабаттасудың, микрожарықтардың, ауа бос жерлерінің болуы;
- Құбыр прокатындағы қорытпалардың химиялық құрамының бұзылуы;
- Әртүрлі материалдардан дайын бұйымдардың қалыңдығын өлшеу.

Жұмыс әдістері

Ультрадыбыстық дефектоскоптардың жұмысы үш әдіске негізделген:

Көлеңке

Құрылғы әлсіреген қайтарылған сигналды тіркейді. Ақаулардың болуы толқынның қарқындылығының төмендеуімен, сондай-ақ оның амплитудасының өзгеруімен көрсетіледі. Құрылғы электронды блоктан, ультрадыбыстық генератордан және «дыбыстық көлеңке» қабылдағыштан тұрады. Елеулі кемшілік - таратқыш пен қабылдағышты объектінің екі жағында параллель орнату керек, әйтпесе зерттеуде қателер болуы мүмкін.

Айналанған

Ол объектінің карама-қарсы қабырғасынан шағылған дыбыс толқынын талдаудан тұрады. Басқа ультрадыбыстық импульстік әдістермен бірге тік жарықтар сияқты кішігірім ақауларды іздеу үшін қолданылады. Сондай-ак құрылғыда электронды блок, генератор және ультрадыбыстық қабылдағыш бар, бірақ датчик екі жағынан орналастыруды қажет етпейді.

эхо техникасы

Ең танымал және ең сенімді құрылғылар. Сыртқы жағынан олар электронды блоктан және түйін толқындарын жіберетін және өзгерген құрылымдардың эхо белгілерін тіркейтін бір датчиктен тұрады. Беттік немесе ішкі ақаулар дыбыс толқынын көрсетеді, ал қабылдағыш өзгертілген құрылымдардан жаңғырықты тіркейді, сол арқылы ақаулардың орналасуы мен өлшемін анықтайды.

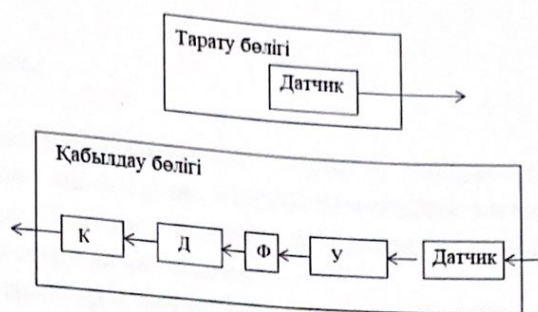
1.4 Ультрадыбыстық датчиктің артықшылықтары

Ақауларды анықтаудың ультрадыбыстық әдісі:

- Жоғары тиімділік пен дәлдікке ие;
- Ең кішкентай ақауларға да сезімтал (бұл қасиет эхо техникасында жүзеге асырылады);
- Жұмысшылар мен қоршаған орта үшін қауіпсіз;
- Басқаруды автоматтандыруға және қозғалатын объектілердің диагностикасын жүргізуге мүмкіндік береді.

1.5 Ультрадыбыстық дефектоскоптардың жұмыс принципі

Ультрадыбыстық ақауларды анықтаудың физикалық негізі үзілістерден шағылысатын ультрадыбыстық толқындардың қасиеті болып табылады. Ультрадыбыстық сынау құрылғыларының жұмысы ультрадыбыстық импульстарды жіберуге және шағылысқан акустикалық жаңғырық сигналдарын немесе әлсіреген сигналдарды жазуға негізделген (егер сигнал қабылдағышы ақаудан туындаған акустикалық көлеңкеде болса). Ультрадыбыстық импульстарды жіберу және ультрадыбыстық сигналдарды қабылдау айнымалы электр өрісін акустикалық өріске және керісінше түрлендіретін пьезоэлектрлік элементтермен (пьезоэлектрлік түрлендіргіштер) жүзеге асырылады.



Сурет 1.2 – Ультрадыбысты датчиктің блок сұлбасы:
К – компаратор; Д – детектрлеу; Ф – сүзгі; У – шығыс күшейткіші

Бақыланатын өнімге ультрадыбыстық толқындарды енгізу үшін пьезоэлектрлік түрлендіргіш пен өнім арасында акустикалық байланысты қамтамасыз ету қажет. Мұндай контактіні қамтамасыз етудің екі әдісі бар: контактілі және су асты (батыру). Байланыс әдісімен өнімнің бетін минералды маймен, глицеринмен, маймен, арнайы магниттік сұйықтықпен, сумен, гельмен және т.б. Батыру әдісімен сыналатын өнім мен түрлендіргіштер орта немесе сұйық ағында болады. Бұл жағдайда түрлендіргіш пен басқарылатын өнім арасында тікелей байланыс болмайды, ультрадыбыстық тербелістерді енгізу сұйық қабат арқылы жүзеге асырылады. Технологиялық процесте бақылауды жүзеге асырған кезде әдетте суды батыру сұйықтығы ретінде, мұнай өнімдері құбырларын, айдалатын өнімді ішілік бақылауды жүзеге асырғанда, газ құбырларында – сұйық тығынды пайдаланады.

Ақау түріне байланысты ультрадыбыстық толқындар қалыпты бойымен немесе өнімнің бетіне белгілі бір бұрышпен енгізіледі. Желідегі дефектоскоптарда түрлендіргіштер түрлендіргіштің сәулелену беті мен құбырдың ішкі беті арасындағы бекітілген қашықтықты қамтамасыз ететін икемді тасымалдағышқа орнатылады.

Дефектоскоптың таңбалау жүйесі және жергілікті вертикалды анықтау жүйесі желілік профильдеу жүйелеріне ұқсас құрастырылған. Сыртқы таңбалауыш таратқыштар мұнай құбыры трассасының бойында нақты белгіленген орындарда орналасады, соның арқасында ақаулардың координаталарын анықтау дәлдігі $\pm (20 - 25)$ см-ге жетеді.

Ультрадыбыстық датчиктерден үздіксіз келетін деректер одометрдің дөңгелектерінің ақпаратымен, жергілікті тік, уақыт белгілерімен және кіріс маркер сигналдарымен бір уақытта жазылады, соның арқасында деректерді өңдеу кезінде ақпарат жер бедері мен құбырдың шеңберіне байланады.

2 Құрастыру бөлімі

2.1 Таратушы блогы

Таратушы құрамына электронды кілт, тербеліс генераторы және күшейткіш шығыс сатысы кіреді, оның шығысынан пьезокерамикалық элементті қоздыру үшін кажет 5 В кернеу пайда болады. Генератор ультрадыбыстық түрлендіргіштің резонанстық жиілігіне алдын ала реттелген.

Электрондық кілт триггер импульсінің ұзақтығына байланысты генераторды қосады және өшіреді, осылайша әртүрлі ұзындықтағы сәулелену импульстерінің реттілігін жасайды.

Таратушы блогы ультрадыбыстық толқындарды генерациялау үшін жоғары жиілікті дірілді механикалық дірілге айналдыру үшін пьезоэлектрлік материалдың кері пьезоэлектрлік әсерін пайдаланады.

2.2 Күшейткіштің қабылдау блогы

Қабылдағыш шектегіштен, шығыс күшейткішті анықтау сатысынан және компаратордан тұрады. Ультрадыбыстық түрлендіргіштен алынған сигнал бірнеше микровольттан бірнеше вольтқа дейінгі амплитудаға ие болуы мүмкін. Әрі қарай өңдеуді қосу үшін шектегіш қабылданған сигналдардың амплитудаларын $\pm 0,2$ В аспайтын мәндерге дейін кеседі; бұл сонымен қатар күшейткішті тым жоғары кернеуден қорғайды. Бұл сигнал демодуляцияланады, анықталады, содан кейін ғана алынған конверт күшейтіледі. Конверттің амплитудасы компаратордағы алдын ала белгіленген шекпен салыстырылады; шекті кернеу асып кеткен жағдайда шығыста коректендіру кернеуіне амплитудасы тең импульс пайда болады және өңдеу үшін электрондық схемаға беріледі.

Қабылдаушы күшейткіш блогы ультрадыбыстық дірілді электрлік сигналдарға түрлендіру үшін пьезоэлектрлік материалдың оң пьезоэлектрлік әсерін пайдаланады.

Ультрадыбыстық датчик пьезоэлектрлік әсер принципіне негізделген. Пьезоэлектрлік әсерлердің өзара және ретті әсерлері бар. Ультрадыбыстық датчик қайтымды элементтер болып табылады.

Ультрадыбыстық датчиктер бикристалды осцилляторларды пайдаланады, яғни биморфты керамикалық плиталар поляризацияның қарама-қарсы бағыттарында бір-біріне қосылады, бір бөлігі ұзындық бағытында созылады, ал екінші бөлігі қысқарады. Жұқа пленкалы электрод қос кристалды вибратордың екі жағына қапталған, ал қорғасын сым металл пластина (діріл пластина) арқылы қос кристалды вибратордың жоғарғы ұшына қосылады, ал екіншісі екіншісіне тікелей қосылады. электродтың соңы. Бикристалды осциллятор шаршы болып табылады,

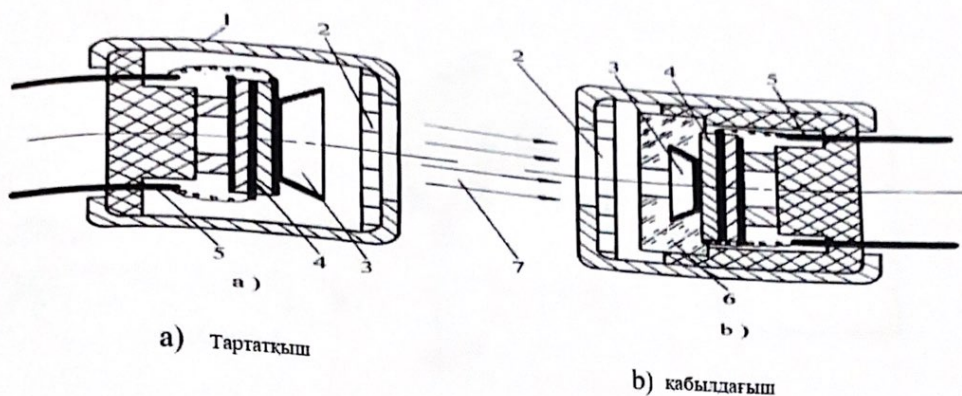
ал шаршының сол және оң жақтары доға проекцияларымен бекітілген. Осы екі конустық вибратор бар. Ультрадыбыстық толқындарды беру кезінде түрлендіргіш тиімді жібере алады; Ультрадыбыстық толқынды қабылдаған кезде тиімділікпен жоғары жиілікті кернеуді генерациялауға қабілетті.

Пьезокерамикаға кернеу қолданылғанда, ол 40 кГц жиілікте ультрадыбыстық оны ультрадыбыстық қабылдағышқа жібереді. Ультрадыбыстық қабылдағыш белгілі бір бағытта түсетін қысым, кездейсоқтық элементтері оң электрод жағында, теріс кернеудің екінші жағында пайда болады. Таратқыштан берілетін ультрадыбыстық толқынды алғаннан кейін түрлендіргіш тербеліс жиілігін кернеу сияқты жиілікті жасайды, әрине, бұл кернеу өте аз, содан кейін күшейткішті пайдалану керек.

Детектрлеу – тербелістерді модуляциялауға кері процесс, модуляцияланған жоғары жиілікті тербелістен ақпараттық (модуляциялаушы) сигналды шығару.

2.3 Датчикке талдау жасау

Ультрадыбыстық датчиктер таратқыштар мен қабылдағыштар бар, бірақ ультрадыбыстық датчик дыбыс толқындарын беру және қабылдаудың қосарлы рөліне ие болуы мүмкін, яғни қайтымды элементтер. Жалпы нарықта сатылатын ультрадыбыстық датчиктер екі жақты әрекеттің ерекше түрі болып табылады. Ерекше түрі - таратқыш ультрадыбыстық толқындарды жіберу үшін пайдаланылады және қабылдағыш ультрадыбыстық толқындарды қабылдау үшін пайдаланылады, екі бағытты түрі - ультрадыбыстық толқындарды жібере алатын және ультрадыбыстық толқындарды қабылдай алатын бір датчик ретінде: таратқыш және қабылдағыш. Құрылым екі түзу зондтан тұрады: бір чип ультрадыбыстық толқындарды шығарады, ал екіншісі ультрадыбыстық толқындарды қабылдайды. Екі чиптің арасында оқшаулау жүйесі бар. Беру мен қабылдау бір-біріне әсер етпейді. Құрылым монокристалды түзу зондқа қарағанда күрделірек болса да, анықтау дәлдігі жоғары және басқару тізбегі қарапайым. Ультрадыбыстық түрлендіргіштің резонанстық жиілігі (орталық жиілігі) 23 кГц, 40 кГц, 75 кГц, 200 кГц, 400 кГц.



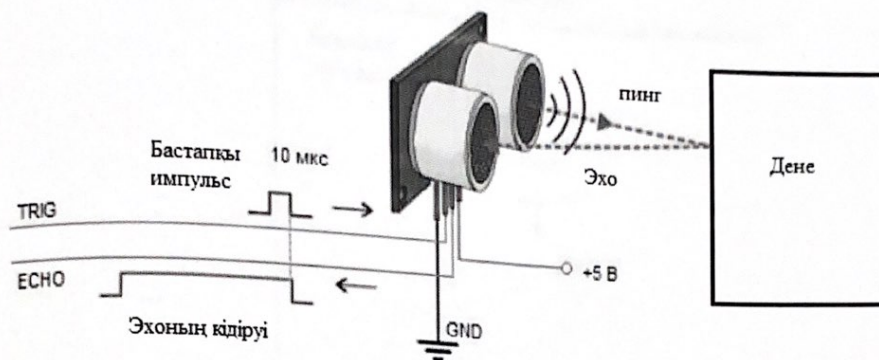
Сурет 2.1 – Ультрадыбысты датчиктің құрылымы. 1 – қаптама; 2 – сымды қорғаныс; 3 – конусты резонанс; 4 – пьезоэлектрлік чип; 5 – штырек(шпилька); 6 – импеданс үйлестіргіші.

Ультрадыбыстық датчиктердің типі пьезоэлектрлік, электрлік, сыйымдылық, магниттік телескоптық және ауа ағындары болып табылады. Ультрадыбыстық датчик - пьезоэлектрлік әсер, жиі қолданылатын материал - пьезоэлектрлік керамика. Ауадағы ультрадыбыстық таралу айтарлықтай әлсіреу болатындықтан, әлсіреу дәрежесі жиілік деңгейіне пропорционалды және жоғары жиілікті рұқсат үлкен, сондықтан қысқа қашықтықты өлшеу үшін төмен жиілікті сенсорлар қолданылады.

2.4 Ультрадыбыстық қашықтықты өлшеу

Негізінде бір чипті жүйе және дисплей тізбегі, ультрадыбыстық таратқыш схемасы және ультрадыбыстық анықтау қабылдағышы үш бөліктен тұрады. AT89S51 ультрадыбыстық түрлендіргіш модулін басқару үшін пайдаланылады. Микроконтроллер ультрадыбыстық толқындардың инвертор арқылы P1.0 пині арқылы берілуін басқарады, содан кейін микроконтроллер INT0 пинін үздіксіз сұрайды. INT0 деңгейі жоғарыдан төменге өзгергенде, ультрадыбыстық толқын қайта оралды деп есептеледі. Санағышпен есептелген деректер ультрадыбыстық зерттеуге кететін уақыт болып табылады. Датчик пен кедергі арасындағы қашықтықты масштабтау арқылы алуға болады.

Бағдарламалық жасақтама бөлігі негізінен негізгі бағдарламадан, ультрадыбыстық генерациялаушы ішкі бағдарламадан, ультрадыбыстық қабылдауды тоқтату бағдарламасынан және дисплей қосалқы бағдарламасынан тұрады.



Сурет 2.2 – Датчиктің жұмысы

Қадам 1: Trig кірісі 10 микросекунд ұзақтығы бар импульсті алады. Датчик үшін бұл оның алдындағы қашықтықты өлшеуді бастау пәрмені.

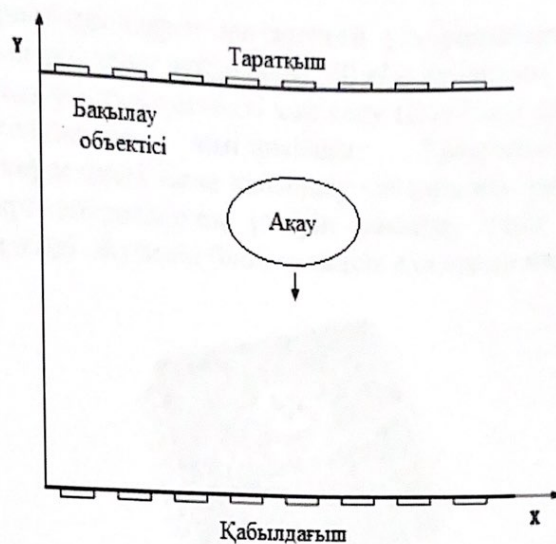
Қадам 2: Құрылғы Т шығыс сенсоры арқылы 40 кГц жиілікте 8 ультрадыбыстық импульсті жасайды.

Қадам 3: Дыбыс толқыны кедергіден шағылысып, қабылдау сенсорына R соғылады.

Қадам 4: Эхо шығысында импульс жасалады, оның ұзақтығы өлшенген қашықтыққа тура пропорционал.

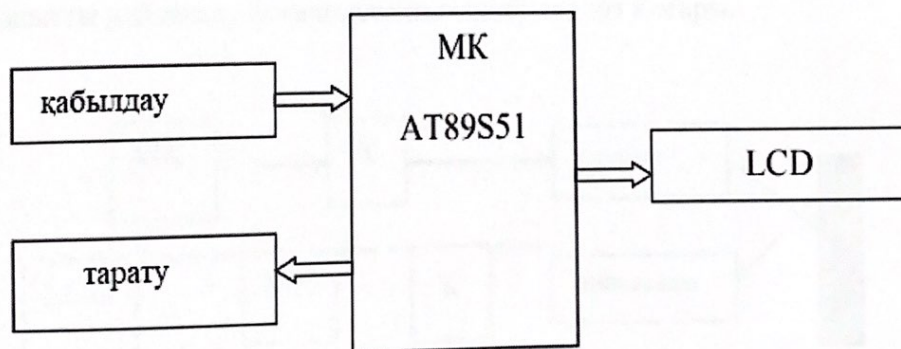
2.5 Жұмыс принципі

Ауадағы ультрадыбыстық әлсіреу өте үлкен, оны тек шағын кеңістікте қолдануға болады. Тәжірибеде ультрадыбыстық диапазон жүйесі жақын өлшемде, сантиметр деңгейіндегі дәлдікте қолданылады. Ультрадыбыстық қосу құрылғылары ультрадыбыстық толқындарды белгілі бір бағытта жібереді және олар іске қосылған кезде синхрондауды бастайды. Ультрадыбыстық толқындар ауада таралады және кедергіге тап болған кезде бірден қайтады. Ультрадыбыстық қабылдағыш шағылған толқындарды алғаннан кейін синхрондауды дереу тоқтатады.



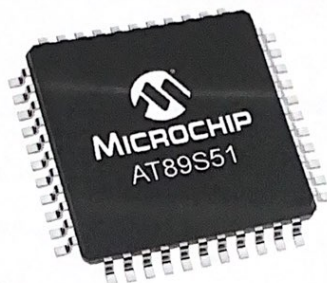
Сурет 2.3 – Ақауды анықтау [1]

Таратқыш шығыс импульсін шаршы толқындар тізбегі түрінде алады, оның ені ультрадыбысты таратудың уақыт аралығы болып табылады. Өлшенетін объектінің қашықтығы неғұрлым үлкен болса, соғұрлым импульс ені үлкен болады. Шығу импульсінің саны өлшенген қашықтыққа пропорционал. Шығу импульсінің ені, яғни ультрадыбыстық толқынның берілуі мен ультрадыбыстық толқынның қабылдануы арасындағы уақыт аралығы өлшенеді, сондықтан өлшенетін қашықтық $S = 1/2vt$.



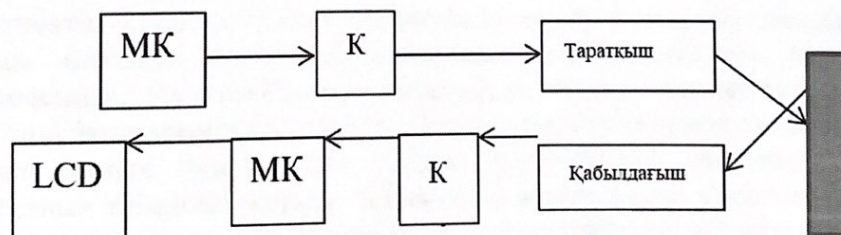
Сурет 2.4 – Құрылымдық сұлба [18]

Бір чипті микроконтроллерге негізделген ультрадыбыстық қашықтықты өлшеу жүйесі микроконтроллерді пайдаланып 40 кГц жиіліктегі шаршы толқынды құруы керек, ал ультрадыбыстық датчикті іске қосу тізбегімен күшейткеннен кейін ультрадыбыстық толқындар шығарылады. Ультрадыбыстық толқын шағылыстырғышпен көрсетіледі және қабылдау сенсорымен қабылданады, содан кейін бір чипті микроконтроллердің үзілуін бақылау үшін қабылдау тізбегі күшейтеді және пішіндейді. Жүйенің блок-схемасы жоғарыда көрсетілген.

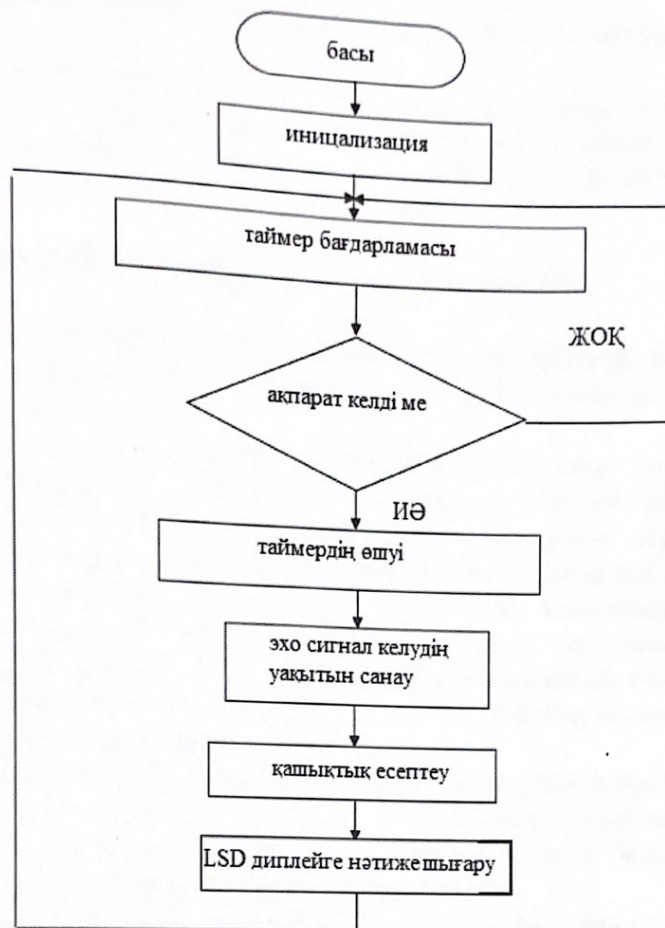


Сурет 2.5 – AT89S51 микроконтроллері

Бір чипті ультрадыбыстық қашықтықты өлшеу жүйесі ультрадыбыстық сәуле шығару уақытын және күшейткіш арқылы шағылысқан толқынды қабылдау уақытын жазады. Ультрадыбыстық толқынның шағылған толқынын қабылдау кезінде қабылдау тізбегінің шығыс ұшында теріс өту, ал бір микроконтроллердің сыртқы ұзу көзінің кіріс портында ұзу сұрау сигналы жасалады. Микроконтроллер сыртқы ұзу сұрауына жауап береді және уақыт айырмашылығын оқу үшін сыртқы ұзу қызметінің тәртібін орындайды. Нәтиже LED дисплейінде көрсетіледі және нақты уақытты пайдалануда қашықтықты өлшеу дәлдігі жоғары.



Сурет 2.6 – Ультрадыбысты датчиктің блок сұлбасы. МК – микроконтроллер; К – күшейткіш; LSD – дисплей



Сурет 2.7 – Блок сұлба

Датчиктің ультрадыбыстық қашықтықты өлшеу бағдарламалық құралының құрылымы негізінен негізгі бағдарламадан, ультрадыбыстық генерациялау бағдарламасынан, ультрадыбыстық қабылдауды тоқтату бағдарламасынан және дисплей ішкі бағдарламасынан тұрады. Си (программа С) бағдарламасы күрделірек алгоритмді жүзеге асыру үшін тиімді болғандықтан, ассемблер тіліндегі бағдарламаның тиімділігі жоғары. Бағдарлама әрекеттерінің уақытын есептеу, ал ультрадыбыстық рейнджер бағдарламасында күрделірек қашықтықты есептеу және бағдарламаны орындау уақытын дәл есептеу (ультрадыбыстық қашықтықты өлшеу) бар, сондықтан басқару бағдарламасын Си тілі мен ассемблер тілі арқылы араластыруға болады. Негізгі бағдарлама, ультрадыбыстық генерациялау қосалқы бағдарламасы және ультрадыбыстық қабылдауды үзу бағдарламасы бірінен соң бірі енгізіледі.

2.6 Ақауларды анықтауға арналған ультрадыбыстық датчиктер

Ультрадыбыстық дефектоскоптар - үлгілердегі ақауларды талдау, анықтау және жіктеу үшін бағдарламалық құралды пайдалану арқылы оператор (детектор) түсіндіретін ультрадыбыстық сигналды жасайтын және көрсететін шағын, портативті микропроцессорға негізделген құралдар.

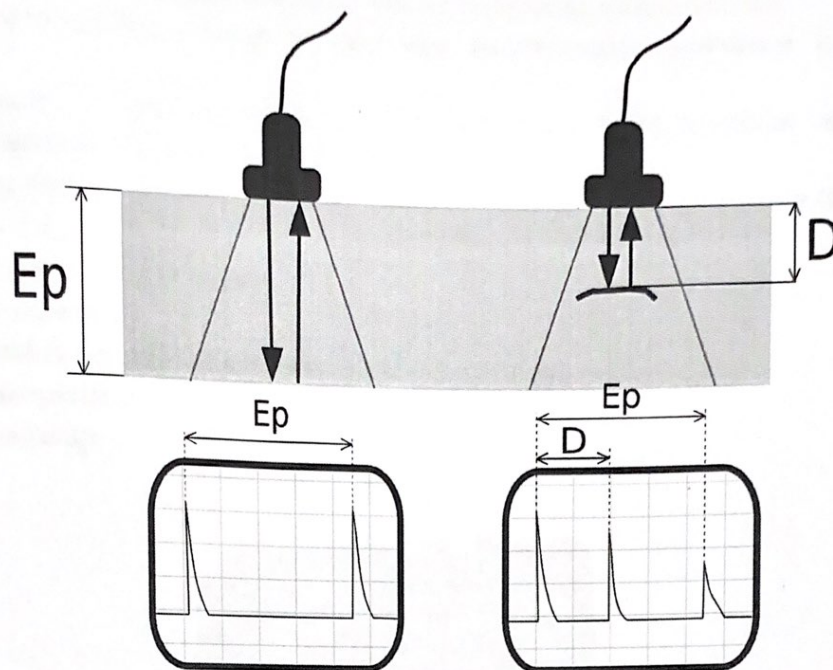
2.6.1 Ультрадыбыстық дефектоскоп: жұмыс принципі

Ультрадыбыстық дефектоскоптың жұмыс істеу принциптері зерттеулер мен өлшеулер үшін жоғары жиілікті дыбыс энергиясын пайдаланатын ультрадыбыстық бақылауға (УДК) негізделген.

Дыбыс толқындары біртекті материалдағы қозғалыс траекториясын өзгертпейді. Акустикалық толқындардың шағылысуы әртүрлі салыстырмалы акустикалық кедергілері бар орталар арасындағы шекарадан пайда болады. Акустикалық кедергілер неғұрлым ерекшеленсе, дыбыс толқындарының көп бөлігі ортаны бөлу шекарасынан шағылысады. Металдағы қосындыларда әдетте дәнекерлеу, құю және т.б. нәтижесінде пайда болатын газ (газдар қоспасы) жиналады. Ал металл қатқан кезде олар сыртқа шыға алмайды, газ қоспасының бес реттік шамасынан төмен үлестік акустикалық кедергісі бар, ол металдың өзіне қарағанда, онда шағылысу толық дерлік болады.

Акустикалық зерттеудің рұқсаты, яғни кішігірім ақауларды бір-бірінен бөлек анықтау мүмкіндігі, дыбыс толқынының ұзындығымен аныкталады, бұл өз кезегінде акустикалық тербелістерді енгізу жиілігіне байланысты. Жиілік неғұрлым жоғары болса, толқын ұзындығы соғұрлым қысқа болады.

Өсер кедергінің өлшемі толқын ұзындығының төрттен бірінен аз болған кезде тербелістердің шағылысуы іс жүзінде болмайды, ал олардың дифракциясы басым болғандықтан пайда болады. Сондықтан, әдетте, ультрадыбыстық жиілігі жоғарылау үрдісі бар. Екінші жағынан, тербеліс жиілігінің жоғарылауымен олардың әлсіреуі тез артады, бұл басқарудың ықтимал аймағын азайтады. 0,5-тен 10 МГц-ке дейінгі диапазондағы жиіліктер практикалық ымыраға айналды.



Сурет 2.8 – Материалды ультрадыбыстық тексеру принципі

2.6.2 Ультрадыбыстық дефектоскоптардың түрлері

Механикалық тербеліс серпімді «денеде» таралады және келесіге бөлінеді:

- инфрадыбыстық (діріл жиілігі 30 Гц-ке дейін);
- дыбысты (20 - $20 \cdot 10^3$ Гц);
- ультрадыбыстық ($2 \cdot 10^4$ - 10^9 Гц);
- гипердыбыстық (10^9 Гц-тен жоғары).

Ультрадыбыстық дефектоскоптардың екі түрі бар:

- бір арналы;
- Көп арналы.

2.6.3 Қолдану саласы

Ультрадыбыстық дефектоскопия тестілеудің мүлдем бұзылмайтын және қауіпсіз әдісі болып табылады, сондықтан ультрадыбыстық дефектоскоптарды қолдану негізгі өндірістік, технологиялық және қызмет көрсету салаларында, әсіресе дәнекерлеу және құрылымдық металдардың сапасын бақылау үшін дәнекерлеу жіктері саласында кеңімен қолданыс тапты.

Ультрадыбыстық дефектоскоптар келесі салаларда қолданылады:

- Темір жол көлігі – темір жолдар мен жылжымалы құрамның жағдайын бақылау;
- Құрылыста – конструкциялық болаттан және темірбетоннан жасалған конструкциялардың дәнекерленген тігістерін бақылау;
- Машина жасау – автомобиль бөлшектерін, олардың тозу дәрежесін бақылау;
- Тау-кен ісі;
- Прокат және металл өңдеу;
- Зерттеу аймағы;
- Энергетика, мұнай-газ кешені;
- Ұшақ өнеркәсібі;
- Басқа салалар.



Сурет 2.9 – А1214 Эксперт - әмбебап ультрадыбысты дефектоскоп

Орындалатын сынақ түрлері

Ультрадыбыстық дефектоскоптар бұзылмайтын сынақтар мен талдаулар қажет болатын әртүрлі салаларда қолданылуы мүмкін. Орындалатын сынақ түрі қолданбаға байланысты өзгереді. Басқарудың екі негізгі әдісі бар - тікелей түрлендіргіштерді немесе көлбеу түрлендіргіштерді қолдану.

Тікелей түрлендіргіштермен басқару (П111, П112)

Тікелей сәулелік сынақтар әдетте сыналатын заттың бетіне параллель болатын жарықтар мен қабаттасуды, сондай-ақ бос орындар мен кеуектілікті анықтау үшін қолданылады, мысалы, плиталар, өзектер, соғылған бөлшектер, құймалар және т.б.

Барлық басқа ультрадыбыстық сынау әдістері сияқты, тікелей түрлендіргішті сынау негізгі принципті пайдаланады, бұл орта арқылы өтетін толқын ауа немесе жасалған саңылау сияқты басқа материалмен (немесе бетінен тыс) шекарадан

жасалған саңылау сияқты басқа материалмен (немесе бетінен тыс) шекарадан шашырағанша немесе шағылысқанша таралуын жалғастырады.



Сурет 2.10 – Ақауды анықтау үрдісі

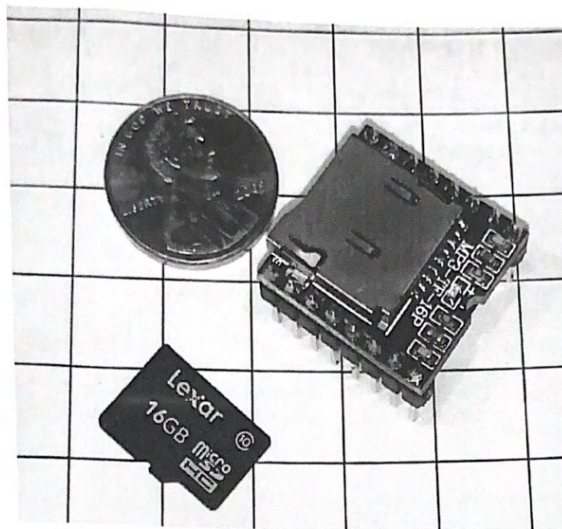
Ақауларды анықтаудың бұл түрінде оператор түрлендіргіш пен үлгі арасында тығыз акустикалық байланыс орнатады және алыс қабырғадан қайтарылатын сигналды, сондай-ақ ойықтар немесе фланецтер сияқты геометриялық құрылымдардан туындайтын кез келген бекітілген шағылысуларды анықтайды.

Бұл сигналдың алдындағы сигнал сынақ объектісінде жарықшақтың немесе бос орынның болуын білдіреді. Әрі қарай талдау арқылы шағылыстыратын құрылымның тереңдігін, көлемін, өлшемін және пішінін анықтауға болады.

2.7 Arduino-да жұмыс істейтін прототип

Аппараттық құрал

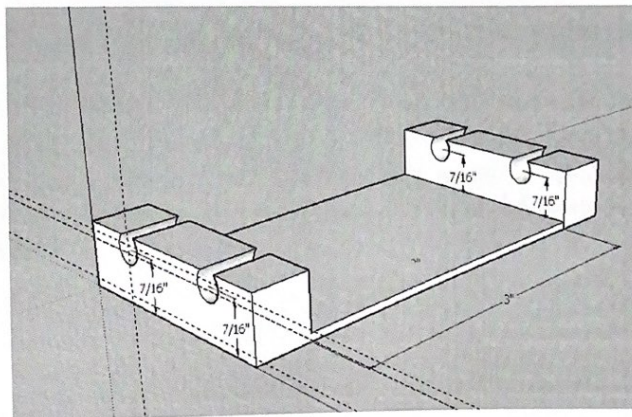
Микроконтроллер Arduino Pro Mini болып табылады. Arduino және тізбекті байланысты қолдайтын төртбұрышты модульді қолдануға болады.



Сурет 2.11 – Arduino mini және Micro SD картасы

Жол жиегіндегі лазерлік датчиктер

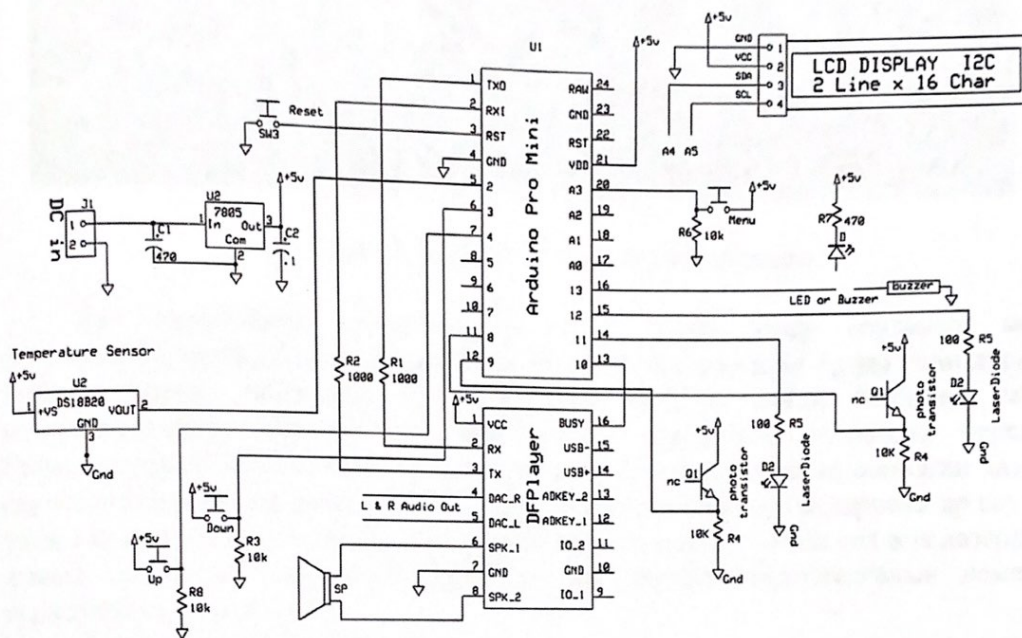
Жолдардағы датчиктер кішкентай қызыл лазерден және фототранзистордан тұрады. Пойыздың жылдамдығын анықтау үшін осындай екі датчик қажет. Лазер сәулесінің тек рельстің жоғарғы жағына тиетіндей реттелуі маңызды. Егер ол жоғары болса, ол тек өтіп бара жатқан дөңгелектерді қате анықтап, ілулі ілмек бөліктеріне тап болған кезде есепке қате қосуы мүмкін.



Сурет 2.12 – Лазерлік датчикке арналған ұстағыштың 3D моделі

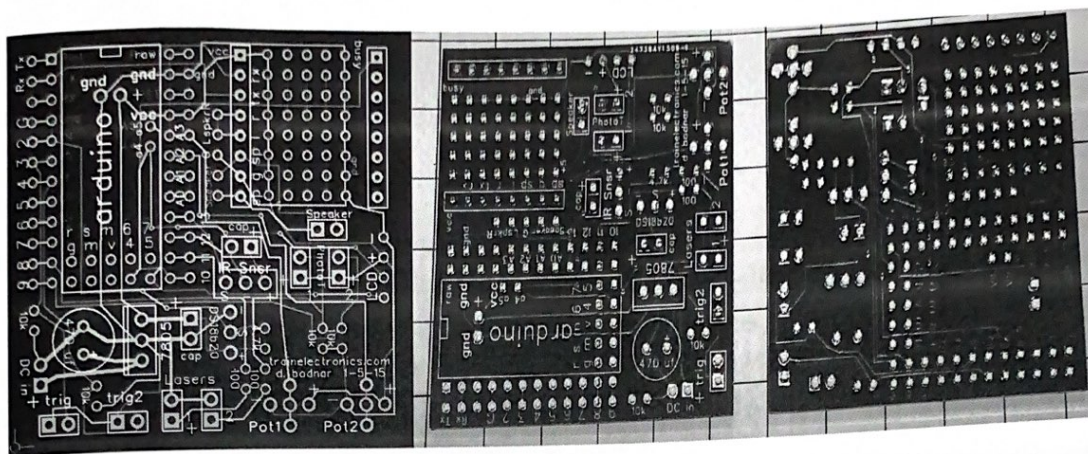
2.8 Ультрадыбыстық дефектоскоптың жобасын құрастыру

Схема келесі суретте көрсетілген. Arduino Pro Mini нұскасы көрсетілсе де, Uno немесе басқа Arduino-ны ауыстырып қолдануға болады.



Сурет 2.13 – Ультрадыбыстық дефектоскоптың жобасының схемасы

Мұнда пайдаланылған кітапхана 2 жолды 16 таңбалы сұйық кристалды дисплей үшін SDA және SCL желілерінің сәйкесінше A5 және A4 форматтарына қосылуын талап етеді. Бұл қосылымдар Pro Mini жиектеріндегі 24 түйреуіштерде жоқ. Төменде көрсетілген баспа платасында екі түрлі A4 және A5 орналастыруға арналған тесіктері бар.



Сурет 2.14 – Баспа платасының схемасы

Бұл құрылғыны орнатудың ең қиын бөлігі лазер сәулелері мен фототранзисторларды лазер рельстің жоғарғы жағына әрең тиіп тұруы үшін дұрыс туралау болып табылады. Бұл құрылғыға көліктің басқа бөліктері мен қозғалтқыштарды елемей, тек дөңгелектерді анықтауға мүмкіндік береді. Сәйкестендіруді жеңілдету үшін детектор әрбір фототранзисторға соғылған лазер сәулесінің бар-жоғын тексереді. Кез келген сәуле жоқ болса, бағдарлама әр сәуле үшін 1 немесе 0 көрсететін туралау тәртібін іске қосады. Бұл экран сол жақ лазердің жақсы екенін («1» көрсетеді) және оң жақ лазердің бұғатталғанын немесе тураланбағанын көрсетеді.

Орнату және пайдалану

Мен қашқын (пережчик) детекторына қосқан төрт түйме бар. Жоғарғы жағындағы түйме (көк түспен дөңгеленген) MENU түймесі болып табылады. Оң жақтағы ЖОҒАРЫ немесе ҚОСУЛЫ, ал сол жақтағы ТӨМЕН немесе ӨШІРУ. Жоғарғы сол жақтағы түйме (сары түспен дөңгеленген) қалпына келтіру түймесі болып табылады, ол қосымша болып табылады, себебі Arduino әдетте платада болады.

Ультразвук дефектоскопы анықтай алатын ең көп тараған үзілістер:

- жарықтар;
- қуыстар мен қабықтар;
- металдардағы, керамикадағы және пластмассадағы кеуектілік;
- сапасыз дәнекерленген тігістер;
- коррозия;
- Металл тозуы
- металл қалыңдығының сол шарттар талаптарына сәйкес келмеуі.

ҚОРЫТЫНДЫ

Ультрадыбыстық толқындар күшті бағыттаудың, төмен қуат тұтынудың және ұзақ қашықтыққа таралудың артықшылықтарына ие, сондықтан автоматты басқару датчиетер технологиясының комбинациясын пайдаланатын диапазондық схемада ультрадыбыстық диапазон қазіргі уақытта ең танымал және кеңінен қолданылады.

Ультрадыбыстық датчик ақауды анықтау жүйесінің негізгі құрамдас бөлігі болып табылады, ол ультрадыбыстық датчиктің принципін, құрылымын, анықтау әдісін және кейбір сипаттамаларын егжей-тегжейлі сипаттайды. Тек ультрадыбыстық датчиктің жұмыс принципін түсіну арқылы біз қашықтықты өлшеудің әзірленген схемасын жақсарт аламыз.

Ультрадыбысты датчик үшін әзірленген ультрадыбыстық қашықтықты өлшеу жүйесі жоғары өлшеу дәлдігі, жоғары жылдамдық және оңай жұмыс істеудің артықшылықтарына ие. Өлшеу кезінде өлшенетін затпен тікелей байланыс болмайды, өлшеу нәтижелері анық және тұрақты түрде көрсетіледі. Қашықтықты өлшеу жүйесі көптеген өнеркәсіптік нысандарда және автоматты басқару колданбаларында маңызды рөл атқарады.

ПАЙДАЛАНҒАН ӘДБИЕТ ТІЗІМІ

- 1 Шаммазов А.М. Основы технической диагностики трубопроводных систем нефти и газа / А.М. Шаммазов, Б.Н. Мастобаев, А.Е. Сощенко, Г.Е.Коробков, В.М. Писаревский // Учебник для вузов - 2009 - 512 с.
- 2 <http://neftegaz.ru/science/view/424>
- 3 Резисторы и конденсаторы : справочник / И.И. Четвертков., М.Н. Дьяков., В.И. Присняков и др. под ред. И.И. Четверткова и В.М. Терехова - М.: Радио и связь, 1993 - 392с.: ил.
- 4 Шутилов В.А. Основы физики ультразвука: учебное пособие, 1980.
- 5 Бабинцев В.А., Виноградов Е.А., Шипилов К.Ф. Влияние влажности на скорость звука в воздухе ,2003
- 6 Применение ультразвука в медицине: Физические основы: Пер.с англ./Под ред. К. Хилла. — М.: Мир, 1989. — 568 с.
- 7 Принцип изменения расстояния URL: http://www.eeworld.com.cn/mndz/2014/0222/article_24405.html
- 8 Ультразвуковой датчик URL: <https://wenku.baidu.com/view/66c83a0f33687e21af45a9d5.html>
- 9 Ультразвуковой датчик URL: <https://mirrobo.ru/micro/ultrazvukovye-datchiki/>
- 10 HC-SR04 URL: https://blog.csdn.net/weixin_39513374/article/details/78645941
- 11 AT89S51 URL : <https://baike.baidu.com/item/AT89S51>
- 12 Излучение ультразвукового датчика URL:<https://blog.csdn.net/zjianbo/article/details/6700942>
- 13 Atmel AT89S51 Data Sheet - Keil URL: https://www.keil.com/dd/docs/datashts/atmel/at89s51_ds.pdf
- 14 Кретов Е.Ф. Ультразвуковая дефектоскопия в энергомашиностроении / Е.Ф. Кретов. – СПб. : Радиоавионика, 1995. – 327 с.
- 15 Выборнов Б.И. Ультразвуковая дефектоскопия / Б.И. Выборнов – М. : Металл-я, 1985. – 257 с.
- 16 Алешин Н.П. Радиационная, ультразвуковая и магнитная дефектоскопия / Н.П. Алешин, В.Г. Щербинский. – М. : Высшая школа, 1991. – 272 с.
- 17 Неразрушающий контроль и диагностика : справочник / В.В. Клюев [и др.]; под ред. В.В. Клюева. – М. : Машиностроение, 2005. – 656 с.
- 18 Гурвич А.Г. Ультразвуковой контроль сварных швов. / А.Г. Гурвич, И.Н. Ермолов. – Киев : Техника, 1972. – 460 с.

Қосымша А

Листинг

```
#include<EEPROM.h>
#include <SoftwareSerial.h>
#include <DFPlayer_Mini_Mp3.h>
#include <Wire.h>
#include <LCD.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#include <OneWire.h>
#include <DallasTemperature.h>

#define I2C_ADDR 0x27 // <<----- Add your address here. Find it from I2C
Scanner

#define BACKLIGHT_PIN 3
#define En_pin 2
#define Rw_pin 1
#define Rs_pin 0
#define D4_pin 4
#define D5_pin 5
#define D6_pin 6
#define D7_pin 7
#define ONE_WIRE_BUS 2
#define TEMPERATURE_PRECISION 9
OneWire oneWire(ONE_WIRE_BUS);
DallasTemperature sensors(&oneWire);
int numberOfDevices; // Number of temperature devices found
DeviceAddress tempDeviceAddress; // We'll use this variable to store a found
device address
```

```

int value = 0; //
float xtemp=0;
byte buffer[10];
LiquidCrystal_I2C
lcd(I2C_ADDR,En_pin,Rw_pin,Rs_pin,D4_pin,D5_pin,D6_pin,D7_pin);
char buf[12];

const int buttonPin = 3;  // the number of the pushbutton pin
const int buttonPin2 = 4;  // second button pin
const int menuPin = A3;  // analog pin to Pot 1
const int ledPin = 13;  // the number of the LED pin
int buttonState = 0;  // variable for reading the pushbutton status
int buttonState2 = 0;  // same for 2nd button
int buttonStateTemp = 0;  // variable to temporarily remember which button
was hit first
int buttonState2Temp = 0;  // same for 2nd button
int buttonStateMenuTemp=0;
int buttonStateMenu = 0;  // same for menu button on A3
int buusyPin = 10; // buusyPin = 10; // sound player busy
int bsy = 0;
int z=0;
int PTState;
int Laser = 11; // laser control
int PhotoTransistor = 9;
int PTState2;
int Laser2 = 12; // laser control
int PhotoTransistor2 = 8;
int PTFlag = 0;

```



```

int PTFlag2 = 0;
int axleCount = 0;
int axleFlag = 0;
long tempF=0;
char tempFString(12);
String thisString(12);
unsigned long time=0;
legth unsigned long axleTime=0; // time between axle hits - also used to compute train
int reportedTime=0;
unsigned long saveSpeed=0;
int mute=0; // =0 if talking, =1 if muted
int sayTemperature=0; // =0 if speaking temperature, =1 if muted
int sayMileMarker=0; // =0 if speaking mile marker, =1 if muted
int sayLength=0; // =0 if speaking lentgh, =1 if muted
int saySpeed=0; // =0 if speaking speed, =1 if muted
int sayAxles=0; // =0 if speaking axles, =1 if muted
int sayRR=0; // =0 if speaking RR, =1 if muted
int sayDD=0; // =0 if speaking Defect Detector, =1 if muted
int mileMarkerW = 743; //NOTE - this is the whole # portion
int mileMarkerWh=0; // high byte of mile marker whole number
int mileMarkerWl=0; // low byte of mile marker whole number
int mileMarkerD = 9; // NOTE - this is the decimal portion - one digit
int hDigit = 0; // hundreds digit
int tDigit = 0; // tens digit
int oDigit = 0; // ones digit

```

```

unsigned long mph = 0; // speed in MPH
int scale = 96;
int defectOnOff=0; // report defects- 0=never otherwise a percentage to 100
int defectFlag=0; // do defect or not based on comparison with defect ratio
unsigned long mphScale = 0;
unsigned long speedConstant = 361054347; // adjust to fine tune speed
unsigned long lengthTime = 0;
unsigned long trainLength = 0;
unsigned long lengthStartTime;

//*****SETUP*****
*****

void setup () {
  pinMode(Laser, OUTPUT);
  pinMode(PhotoTransistor, INPUT);
  pinMode(Laser2, OUTPUT);
  pinMode(PhotoTransistor2, INPUT);
  pinMode(buusyPin, INPUT);
  pinMode(ledPin, OUTPUT);
  pinMode(buttonPin, INPUT);
  pinMode(buttonPin2, INPUT);
  pinMode(menuPin, INPUT);
  Serial.begin (9600);
  lcd.begin (16,2); // LCD is 16x2
  lcd.setBacklightPin(BACKLIGHT_PIN,POSITIVE);// Switch on the backlight
  lcd.setBacklight(HIGH);

```



```

lcd.home (); // go home
lcd.print(" MP3 Player");
delay(200);
lcd.setCursor(0,1); // start of line 2
lcd.print(" Version 8.8 ");
delay ( 500);
mp3_set_serial (Serial);      //set Serial for DFPlayer-mini mp3 module
mp3_reset();
mp3_set_volume (30);          // does not appear to make any difference
mp3_reset();
delay (400);

```

```

readEEPROM();
lcd.home (); // go home
lcd.clear();
lcd.print("trainelectronics");
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print(" .com");
delay(1400);
lcd.clear();
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print(" 2015 d. bodnar");
delay ( 1500);
//Menu on power up if button held down
for (int xxx=0; xxx < 10;xxx++){
  buttonStateMenu = digitalRead(menuPin);

```

```

delay(200);
lcd.clear();
lcd.setCursor(0,(xxx % 2)) ; // switch cursor from line 0 to 1 based on xx being
odd/even
lcd.print(" MENU = Setup!");
if(buttonStateMenu==1){ // 1 = pressed, 0= not pressed
Serial.println("MENU!!!");
readEEPROM();
// scale=96; // set once - REMOVE!
lcd.clear();
lcd.print("MENU!");
do
{
buttonStateMenuTemp = (digitalRead(menuPin)); // stay here till button
released
}
while (buttonStateMenuTemp==1);
mainMenu();
}
}

sensors.begin();
numberOfDevices = sensors.getDeviceCount();
if (sensors.isParasitePowerMode()) Serial.println("ON");
else Serial.println("OFF");
for(int i=0;i<numberOfDevices; i++)
{
if(sensors.getAddress(tempDeviceAddress, i))

```



```

{
    printAddress(tempDeviceAddress);
    sensors.setResolution(tempDeviceAddress, TEMPERATURE_PRECISION);
}
else{
}
}

digitalWrite(Laser, HIGH);
digitalWrite(Laser2, HIGH);
sensors.requestTemperatures(); // Send the command to get temperatures
printTemperature(tempDeviceAddress); // Use a simple function to print out the
data
alignLasers(); // go to routine to align lasers if either is blocked at startup
lcd.clear();
lcd.print("Ready");
}

//.....LOOP.....

void loop () {
    // this section computes time between first sensor hit and first hit on other sensor
- to compute speed
    PTState = digitalRead(PhotoTransistor);
    PTState2 = digitalRead(PhotoTransistor2);
    // which is hit first?
    if (PTState == 0 && PTFlag == 0 && PTFlag2 == 0){ //1st sensor hit for the first
time
        PTFlag = 1;

```

```

time = micros();
lengthStartTime= micros();
digitalWrite(ledPin, HIGH); // connect to beeper
lcd.clear();
lcd.print("Axle Count = ");
axleCount=1;
lcd.setCursor(12,0);
lcd.print(axleCount);
axleFlag=1; // use this sensor to count axles
do
{
    delay(1); // wait for sensors to stabilize
    PTState = digitalRead(PhotoTransistor);
}
while (PTState==0); //stay here till axle clears
digitalWrite(ledPin, LOW); // turn off beeper
}
else if(PTState2==0 && PTFlag2 == 0 && PTFlag == 0){ //2nd sensor hit for
the first time
    PTFlag2=1;
    time = micros();
    lengthStartTime= micros();
    digitalWrite(ledPin, HIGH); // connect to beeper
    lcd.clear();
    lcd.print("Axle Count=");
    axleCount=1;

```



```

lcd.setCursor(12,0);
lcd.print(axleCount);
axleFlag=2; // use this sensor to count axles
do
{
    delay(1); // wait for sensors to stabilize
    PTState2 = digitalRead(PhotoTransistor2);
}
while (PTState2==0); //stay here till axle clears
digitalWrite(ledPin, LOW); // turn off beeper
}
// use first hit on 2nd sensor to compute speed
if(PTState ==0 && PTFlag2==1 && reportedTime==0){
    saveSpeed = micros() - time;
    digitalWrite(Laser, LOW);
    //digitalWrite(Laser2, LOW);
    reportedTime=1;// indicates that both sensors have been hit & its OK to finalize
an axle count
}
else if(PTState2 == 0 && PTFlag ==1 && reportedTime==0){
    saveSpeed = micros() - time;
    // digitalWrite(Laser, LOW);
    digitalWrite(Laser2, LOW);
    reportedTime=1;// indicates that both sensors have been hit & its OK to finalize
an axle count
}
// Routines to count axles

```

```

if (axleFlag==1 && PTState ==0 ){
    digitalWrite(ledPin, HIGH); // connect to beeper
    axleCount = axleCount++;
    axleTime = micros(); // reset time after a hit on an axle
    lcd.setCursor(12,0);
    lcd.print(axleCount);
    do
    {
        delay(5); // wait for sensors to stabilize
        PTState = digitalRead(PhotoTransistor);
    }
    while (PTState==0); //stay here till axle clears
    digitalWrite(ledPin, LOW); // turn off beeper
}

if (axleFlag==2 && PTState2 ==0 ){
    digitalWrite(ledPin, HIGH); // connect to beeper
    axleCount = axleCount++;
    axleTime = micros(); // reset time after a hit on an axle
    lcd.setCursor(12,0);
    lcd.print(axleCount);
    do
    {
        delay(5); // wait for sensors to stabilize
        PTState2 = digitalRead(PhotoTransistor2);
    }
    while (PTState2==0); //stay here till axle clears
}

```



```

    digitalWrite(ledPin, LOW); // turn off beeper
  }
  // Finalize axle count after sufficient time has passed
  if ( reportedTime==1 && axleTime >= 1 && ( micros()-axleTime) >=
4000000){//4 sec & no axle hit =DONE!
    computeSpeed(); // in scale MPH
    speakRR(); // railroad name
    speakMM(); // Mile Marker
    speakDefects(); // Defect report
    speakAxles(); // # of axles
    speakLength(); // length of train
    speakSpeed(); // speed of train
    speakTemperature(); // ambient temperature
    speakOut(); // say "out"
    axleTime=0; //reset variables after train passes
    PTFlag=0; //reset variables after train passes
    PTFlag2=0; //reset variables after train passes
    axleCount=0; //reset variables after train passes
    reportedTime=0; //reset variables after train passes
    digitalWrite(Laser, HIGH);
    digitalWrite(Laser2, HIGH);
  }
}
//..... END LOOP .....

```