

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРҒЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

«Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті» коммерциялық
емес акционерлік қоғамы



SATBAYEV
UNIVERSITY

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

«Робототехника және автоматиканың техникалық құралдары» кафедрасы

Каиырбаев Азамат Кенесбайұлы

«Бағалауға арналған өлшеу құрылысын әзірлеу және енгізу тремор»

Дипломдық жобаға
ТҮСІНДІРМЕ ЖАЗБА

6B07111 – Робототехника және мехатроника

Алматы 2023

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРҒЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ
«Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті» коммерциялық
емес акционерлік қоғамы



SATBAYEV
UNIVERSITY

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

«Робототехника және автоматиканың техникалық құралдары» кафедрасы



Дипломдық жобаға
ТҮСІНДІРМЕ ЖАЗБА

Тақырыбы: «Бағалауға арналған өлшеу құрылысын әзірлеу және енгізу тремор»

6B07111 – Робототехника және мехатроника

Орындаған

ААА Жалпы білім беру кафедрасының
меңгерушісі, т.ғ.к. қауымдастырылған
профессоры

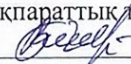
 Сейитилаева А.К.

«25» мамыр 2023 ж.



Қайырбаев А.К

Аға оқытушы, Автоматика және
ақпараттық технологиялар институты

 Байтурганова В.К

«30» мамыр 2023 ж.

Алматы 2023

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРҒЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

«Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті» коммерциялық
емес акционерлік қоғамы



SATBAYEV
UNIVERSITY

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

«Робототехника және автоматиканың техникалық құралдары» кафедрасы

6B07111 – Робототехника және мехатроника



Кафедра меңгерушісі РТЖАТҚ
техника ғылымының кандидаты
Қ.Ә. Өжікенов
«30» мамыр 2023 ж.

**Дипломдық жобаны орындауға арналған
ТАПСЫРМА**

Білім алушы Қаиырбаев Азамат Кенесбайұлы

Тақырыбы: Бағалауға арналған өлшеу құрылысын әзірлеу және енгізу тремор
Университет ректорының 2022 жылғы «23» қазан № 408 ПП бұйрығымен бекітілген
Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі: «31» мамыр 2023 ж.

Дипломдық жұмыстың бастапқы деректері: Arduino Nano, Arduino UNO, MPU6050, HC-06

Дипломдық жұмыста қарастырылатын мәселелер тізімі:

- Треморды өлшеуіш құралында Arduino-ның рөлі
- Құрылғының нарықтағы құрылғыдан айырмашылығы
- Экономикалық есептеулер жүргізу. Құрылғының пайдасын анықтау
- Қолданылған бөлшектер мен жүйелеріне шолу жасау

Графикалық материалдың тізбегі (міндетті сызбаларды дәл көрсете отырып):

жұмыс презентациясы слайтарда көрсетілген

Ұсынылатын негізгі әдебиеттер: атаулардан

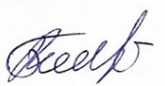
ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРҒЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

Дипломдық жұмысты (жобаны) дайындау

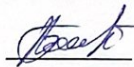
КЕСТЕСІ

Бөлімдер атауы, әзірленетін сұрақтар тізбесі	Ғылыми жетекшіге ұсыну мерзімдері	Ескертпелер
Теориялық бөлім	16.01-12.02.2023 ж	Орындалды
Бағдарламалық бөлім	12.02-20.03.2023 ж.	Орындалды
Зерттеу бөлімі	20.03-17.04.2023 ж.	Орындалды
Қорытынды бөлім	17.04-15.05.2023 ж.	Орындалды

Аяқталған дипломдық жұмыс (жоба) үшін, оған қытысты бөлімдердің жұмыстарын (жобасын) көрсетумен, кеңесшілері мен қалып бақылаушының қолдары

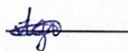
Бөлімдердің атауы	Кеңесшілер, тегі, аты, әкесінің аты, (ғылыми дәрежесі, атағы)	Қол қойылған күні	Қол
Қалып бақылаушы	Бигалиева Ж.С, Техника ғылымдарының магистрі. Аға оқытушы. Автоматика және ақпараттық технологиялар институты	31.05.23	
Негізгі бөлім	Байтурганова В.К, Аға оқытушы. Автоматика және ақпараттық технологиялар институты	30.03-23	
Есептеу бөлім	Байтурганова В.К, Аға оқытушы. Автоматика және ақпараттық технологиялар институты	25.04.23	

Ғылыми жетекшісі



Байтурганова В.К

Білім алушы тапсырманы орындауға алды



Канырбаев А.К.

Күні

«30» Мамыр 2023 ж.

АНДАТПА

Бұл ғылыми жұмыс акселерометриялық датчиктер негізінде қолдың дірілін анықтауға арналған портативті құрылғының дамуын сипаттайды. Құрылғы atmega32u4 микроконтроллері бар Arduino тақтасынан және оған біріктірілген бірнеше акселерометрден тұрады. Құрылғының негізгі жұмыс принципі-қолдың әр түрлі бағыттағы қозғалысының үдеуін өлшейтін акселерометрлерден алынған деректерді талдау.

Орталық жүйке жүйесінің ауруларын ерте диагностикалау және емдеу кезінде тремордың параметрлерін бағалау үшін аппараттық-бағдарламалық кешен құрамында осы портативті құрылғыны пайдалану мүмкіндігі ұсынылған. Эксперименттің күтілетін нәтижелері құрылғының Паркинсон ауруына тән тремордың жиілігі мен амплитудасын имитациялауға қабілетті екенін көрсетеді, діріл жиілігін анықтауда максималды қателік 4,75% құрайды.

АННОТАЦИЯ

В данной научной работе описывается разработка портативного устройства для обнаружения тремора рук на основе акселерометрических датчиков. Устройство состоит из платы Arduino с микроконтроллером ATmega32u4 и нескольких акселерометров, интегрированных на ней. Основной принцип работы устройства заключается в анализе данных, получаемых с акселерометров, которые измеряют ускорение движения руки в разных направлениях.

Предложен вариант использования данного портативного устройства в составе аппаратно-программного комплекса для оценки параметров тремора при ранней диагностике и лечении заболеваний центральной нервной системы. Ожидаемые результаты эксперимента показывают, что устройство способно имитировать частоту и амплитуду тремора, характерного для болезни Паркинсона, с максимальной ошибкой в 4,75% в определении частоты тремора.

ANNOTATION

This research paper describes the development of a portable device for hand tremor detection based on accelerometer sensors. The device consists of an Arduino board with a microcontroller ATmega32u4 and several accelerometers integrated on it. The basic principle of the device is to analyze the data obtained from the accelerometers, which measure the acceleration of the arm movement in different directions.

A variant of using this portable device as a part of hardware-software complex for estimation of tremor parameters for early diagnostics and treatment of central nervous system diseases is proposed. Expected experimental results show that the device is capable of simulating the frequency and amplitude of tremor typical of Parkinson's disease, with a maximum error of 4.75% in determining the tremor frequency.

КІРІСПЕ

Треморды бағалауға және өлшеуге арналған өлшеу құралдары адамның мотор функциясының бұзылуын диагностикалауда, бақылауда және емдеуде маңызды рөл атқарады. Аяқ-қолдардың немесе дененің басқа бөліктерінің еріксіз ритақты тербелістерімен сипатталатын треморға неврологиялық аурулар, дәрі-дәрмектердің жанама әсерлері немесе патологиялық жағдайлар сияқты әртүрлі факторлар себеп болуы мүмкін. Треморды дәл және сенімді бағалау оның сипаттамаларын анықтау, оның түрлерін жіктеу және ауырлық дәрежесін бағалау үшін қажет. Сонымен қатар, треморды өлшеу құралдары бұзылыстың дамуын және емдеудің тиімділігін бақылауға, сондай-ақ жаңа терапевтік тәсілдердің әсерін бағалауға қызмет етуі мүмкін.

Треморды бағалауға арналған заманауи өлшеу құралдары озық технологиялар мен сенсорлық жүйелерге негізделген. Олар бұлшықеттердің қозғалысы мен электрлік белсенділігін тіркей алатын акселерометрлер, гироскоптар, электромиографтар және т.б. сияқты сенсорлардың әртүрлі түрлерін қамтиды. Бұл құрылғылар тремордың жиілігі, амплитудасы және оның ауырлығын диагностикалау және бағалау үшін қолдануға болатын басқа сипаттамалары туралы объективті мәліметтер алуға мүмкіндік береді.

Тремордың заманауи өлшеу құралдарының негізгі сипаттамаларының бірі-олардың тасымалдануы мен тасымалдануы. Сенсорларды миниатюризациялау және сымсыз технологияларды дамыту арқылы пациенттер бұл құрылғыларды күнделікті өмірде шектеусіз және ыңғайсыздықсыз пайдалана алады. Бұл Нақты уақыттағы треморды ұзақ мерзімді бақылауға және үздіксіз деректерді жинауға мүмкіндік береді, бұл бұзылыстың сипаттамаларын және оның пациентке әсерін дәлірек бағалауға мүмкіндік береді.

Треморды өлшеу құралы-әртүрлі физиологиялық немесе патологиялық процестер нәтижесінде адам ағзасында пайда болуы мүмкін жүйке тербелістерінің жиілігі мен амплитудасын бағалауға арналған құрылғы. Бұл Паркинсон ауруы немесе маңызды тремор сияқты кейбір ауруларды диагностикалаудың және емдеудің тиімділігін анықтаудың маңызды құралы. Өлшеудің сенімділігі мен дәлдігі осы құралды пайдаланудың негізгі факторлары болып табылады, сондықтан бүгінгі таңда өндірушілердің саны көбейіп, треморды бақылаудың жоғары дәлдігі мен сенімділігін қамтамасыз ететін инновациялық құрылғыларды жасауға ұмтылуда.

Паркинсон ауруы-бұл прогрессивті дегенеративті ауру, ол тыныштық дірілімен, қаттылықпен (қаттылықпен), қозғалыстың баяулауымен және төмендеуімен (брадикинезия) сипатталады және сайып келгенде жүрістің бұзылуына және/немесе постуральды тұрақсыздыққа әкелуі мүмкін. Диагноз қою үшін клиникалық деректер қолданылады. Аурудың баяу дамуына байланысты моторикадағы өзгерістерді науқастың қолының дірілінің болуымен ерте анықтауға болады[5]. Өзгерістер туралы мәліметтер кестеге жиналып, ZX уақыты мен осіне қатысты графиктегі бұзушылықтардың амплитудасын салыстыру үшін MatLab-қа жүктеледі. Сезімтал элемент ретінде инфрақызыл

таратқышы бар қашықтық сенсоры және ZX қимылдары қолданылады. Төменде тремордың түрлері келтірілген

Соңғы жылдары технологияның дамуы және биомедициналық инженериядағы прогресс тремордың өнімділігін жоғары дәлдікпен және сенімділікпен анықтауға және талдауға қабілетті құрылғыларды жасауға және пайдалануға мүмкіндік береді. Мұндай өлшеу құрылғылары акселерометрия, гироскопия, электромиография және физиологиялық сигналдарды тіркеудің басқа әдістерін қоса алғанда, әртүрлі принциптерге негізделген.

Бұл зерттеудің мақсаты-тремордың сипаттамаларын сенімді және дәл бағалауға мүмкіндік беретін өлшеу құрылғысын әзірлеу және енгізу. Мұндай құрылғы портативті, қолдануға ыңғайлы және бұлшықеттердің қозғалысы немесе электрлік белсенділігі туралы деректерді нақты уақыт режимінде тіркеуге және талдауға қабілетті болуы керек. Өлшеу нәтижелерін треморды емдеудің тиімділігін диагностикалау және бағалау үшін, сондай-ақ нейрофизиология және нейротехника саласындағы ғылыми зерттеулер үшін пайдалануға болады

Треморды кез – келген сау адамда байқауға болады (физиологиялық тремор-ФТ). Ол жоғары жиілікті (8-12 Гц) с анықталады (күшейтілген ФТ – УФТ жағдайларын қоспағанда). Патологиялық тремор, ФТ - дан айырмашылығы, қарапайым көзге көрінеді және жоғары амплитудамен, төмен (сирек – жоғары) жиілікпен және оны қоздыратын немесе күшейтетін жағдайлардың болуымен сипатталады[1].

1 Зерттеу бөлімі

Треморды Зерттеу бөлігі деректерді алудың және осы жағдайды түсінудің маңызды құрамдас бөлігі болып табылады. Мұндай құрал пациенттердегі треморды өлшеуге және талдауға арналған әртүрлі технологиялар мен әдістерді қамтуы мүмкін.

Треморды зерттеу үшін қолданылатын жалпы құралдардың бірі-электромиограф (ЭМГ). ЭМГ бұлшықеттердің электрлік белсенділігін жазуға мүмкіндік береді, бұл зерттеушілерге тремордың үлгілері мен сипаттамаларын талдауға мүмкіндік береді. Бұл дірілдің жиілігін, амплитудасын және ұзақтығын, сондай-ақ оның әртүрлі ынталандыруларға немесе емдеуге жауап ретінде өзгеруін анықтауға көмектеседі.

Паркинсон ауруы бар адамдарда тыныштық діріліне ұқсас жиілікте постуральды және жеңіл кинетикалық тремор болуы мүмкін. Бұл ауруда постуральды треморға тән қасиет-бұл жасырын кезеңнің болуы, содан кейін тремор қайта басталады, жаңартылатын тремор деп аталады. Тремордың бұл түрінің негізі қозғалтқыш қыртысын, вентролатеральды таламусты, бозғылт шарды және субталамикалық ядроны қоса алғанда, ми аймақтарының желісіндегі тербелістер болып табылады, бірақ бұл тербелістердің көзі нақты қай жерде екені белгісіз. Мишық тремор кезінде де белсендіріледі, әсіресе кинетикалық және церебеллоталамикалық жол тремордың кез келген түрін генерациялаудың соңғы буыны болып табылады. Кейбір зерттеушілер тремор ПД-дағы негізгі патологиялық процестің орнын толтырудың нәтижесі болуы мүмкін деп болжайды. Тремор жеңіл дірілден басталады және аурудың ауырлығына байланысты тремордың амплитудасы өзгеруі мүмкін айқын қозғалыстарға ауысуы мүмкін.

Паркинсондық тремор, оның классикалық нұсқасында, бұлшықеттер толығымен босаңсыған және әдеттегі 3-6 Гц жиілікте болған кезде тыныштықта дірілдейді. Ол көбінесе қолға, кейде аяққа, иекке және ерінге әсер етеді, бірақ басында сирек көрінеді. Тремордың бұл түрі паркинсонизм синдромымен байланысты басқа нейродегенеративті ауруларда да болуы мүмкін, мысалы, Льюи диффузды телец ауруы, көп жүйелі атрофия, прогрессивті супрануклеарлық сал ауруы және т. б. Зақымдалған аяқтың белсенді ерікті қозғалыстары тыныштықтағы дірілді азайтып, тіпті оның толық жоғалуына әкелуі мүмкін. Паркинсондық треморы бар науқастарда постуральды тремор және жеңіл кинетикалық тремор болуы мүмкін, олардың жиілігі тыныштық треморына ұқсас. Паркинсон ауруының тән белгісі болып табылатын постуральды треморда тремор көрінбейтін, бірақ аяқ-қол позасы өзгергеннен кейін қайта басталатын жасырын кезең бар.

Паркинсондық дірілді тудыратын тербелістердің негізгі көзі-қозғалтқыш қыртысы, вентролатеральды таламус, бозғылт шар және субталамус ядросы бар желі. Бұл жағдайда тыныштықтағы тремор паллидумның модификациялық әсерінің арқасында пайда болады. Паркинсондық дірілді тудыратын тербелістердің негізгі көзі-қозғалтқыш қыртысы, вентролатеральды таламус,

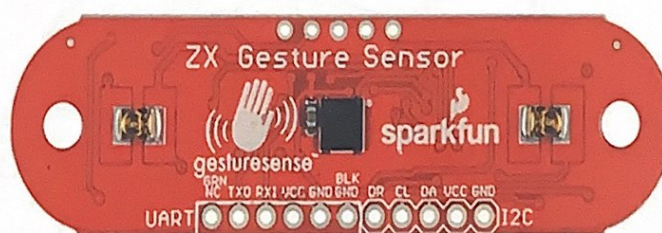
бозғылт шар және субталамус ядросы бар желі. Осы бірліктердің кез-келгені зақымдалған немесе дисфункцияланған кезде тремор басылады. Алайда тербелістердің негізгі көзі қай жерде екені белгісіз болып қалады. Мишық тремор кезінде де белсендіріледі, әсіресе кинетикалық треморда. Кейбір зерттеулерге сәйкес, церебеллоталамикалық жол тремордың кез келген түрін генерациялаудың соңғы буыны болып табылады.

Төменде Паркинсон ауруы бар науқастарда тремор амплитудасының индикативті мәндерін көрсететін кесте берілген.(1.1 - сурет)

Степень тяжести болезни	Амплитуда тремора (в мм)
Начальная	0,5 - 1,0
Средняя	1,0 - 3,0
Тяжелая	3,0 - 5,0

1.1 - сурет – Треморды бақылау блогы

Деректерді түсіру үшін біз ZX қашықтық және қимыл сенсорларын қолданамыз.(1.2 - сурет)



1.2 - сурет – ИҚ таратқышы

Дірілді өлшейтін құрылғының негізгі бөліктерінің бірі-дірілдің ең кішкентай тербелістерін де тіркеуге қабілетті сезімтал сенсор немесе акселерометр. Тағы бір маңызды бөлігі - сенсордан алынған сигналдарды өңдейтін және жиілік, амплитудасы және ұзақтығы сияқты діріл сипаттамаларын есептейтін электрондық жүйе. Сонымен қатар, треморды өлшеу құралдары деректерді талдауға және графиктерді құруға мүмкіндік беретін бағдарламалық жасақтамамен жабдықталуы мүмкін, бұл емдеуші дәрігерлер мен зерттеушілерге тремордың сипаттамалары мен оның динамикасы туралы дәлірек түсінік алуға көмектеседі.

Сондай-ақ, соңғы жылдары треморды өлшейтін құрылғыларды өндірушілер оларды портативті және пациенттердің күнделікті өмірінде қолдануға болатын етіп жасауға тырысып жатқанын атап өткен жөн.(1.3 - сурет) Бұл тремордың сипаттамаларын тиімдірек бақылауға және емдеуді оның сипатындағы өзгерістерге бейімдеуге мүмкіндік береді. Жалпы алғанда, треморды өлшеу құралдарының зерттеу бөлігі пациенттер мен медицина

мамандарына треморға қатысты мәселелерді тиімдірек зерттеуге және олардың негізінде тиімдірек емдеу әдістерін әзірлеуге көмектесетін ең дәл және ыңғайлы құрылғыларды жасау үшін ең жаңа технологиялар мен әзірлемелерді пайдалануды қамтиды. Жалпы алғанда, треморды өлшейтін құрылғылардың зерттеу компоненті пациенттер мен денсаулық сақтау мамандарына треморға қатысты мәселелерді тиімдірек зерттеуге және олардың негізінде тиімдірек емдеу әдістерін әзірлеуге көмектесетін ең дәл және ыңғайлы құрылғыларды жасау үшін ең жаңа технологиялар мен әзірлемелерді пайдалануды қамтиды.

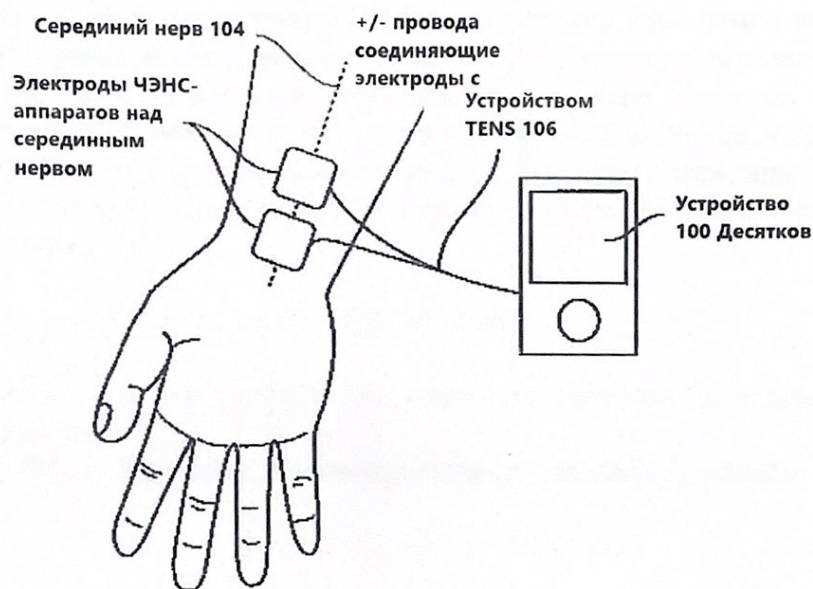


FIG. 1

1.3 - сурет – Дірілді өлшеуге арналған білезік

Тыныштық треморынан басқа, ПТ-да тыныштық треморына тән жиілікте постуральды және жеңіл кинетикалық тремор болуы мүмкін. ПТ-дағы постуральды тремордың патогномоникалық ерекшелігі-бұл жасырын кезеңнің болуы, одан кейін тремор қайта басталады, жаңартылатын тремор деп аталады.

ПТ негізі-қозғалтқыш қыртысын, вендролатеральды таламусты, бозғылт шарды, субталамикалық ядроны қамтитын желідегі тербелістер, бұл тізбектегі кез келген байланыстың зақымдануы немесе дисфункциясы дірілді басады. Бірақ тербелістердің негізгі көзі қайда белгісіз болып қалады. Мишық сонымен қатар тыныштық треморына қарағанда акциялық тремормен белсендіріледі. Аурудың бастапқы кезеңінде тремор шамалы дірілмен көрінуі мүмкін, содан кейін айқын

қозғалыстарға ауысады. Тремордың амплитудасы әртүрлі болуы мүмкін және науқастың өмір сапасына әсер етеді.

Мақалада эмпирикалық режимнің адаптивті ыдырауын (AEMD) және Гильберт-Хуанг трансформациясын (ННТ) қолдана отырып, қолдың дірілін анықтау әдісі ұсынылған. AEMD қолдың діріл сигналдарын ішкі режим функцияларына (IMF) ыдырату үшін қолданылады, ал ННТ әрбір IMF амплитудасы мен жиілігі туралы ақпаратты алу үшін қолданылады. Ұсынылған әдіс Паркинсон ауруы және маңызды треморы бар науқастардан алынған қолдың діріл сигналдарының деректер жиынтығын пайдалана отырып бағаланады және нәтижелер ұсынылған әдіс дәлдік пен сенімділік тұрғысынан басқа әдістерден асып түсетінін көрсетеді. Ұсынылған әдіс әртүрлі неврологиялық бұзылулары бар науқастарда қол треморын диагностикалау және бақылау үшін клиникалық жағдайларда әлеуетті қолданбаларға ие.[2]

Хилберт-Хуан түрлендіруінің (ННТ) $x(t)$ сигналы үшін соңғы формуласы екі кезеңнен тұрады. Бірінші кезеңде эмпирикалық режим орындалады ыдырау (EMD), ол бастапқы сигналды жылжымалы орташа және қисықтық алгоритмі арқылы бірнеше интрамодтық функцияларға (IMFs) бөледі. Екінші кезеңде әрбір IMF Хилберт түрлендіру арқылы аналитикалық функцияға айналады. І-ші IMF-ті $h_i(t)$ деп белгілеңіз. Содан кейін $x(t)$ сигналы үшін ННТ соңғы формуласы келесідей болады:

$$x(t) = \sum [h_i(t) + r(t)] \quad (1.1)$$

мұндағы i 1-ден N -ге дейін, N -imfs саны, $r(t)$ - бастапқы сигналдың трендін көрсететін қалдық.

Әрбір IMF $h_i(t)$ үшін $z_i(t)$ аналитикалық функциясы құрылады:

$$z_i(t) = h_i(t) + j * H\{h_i(t)\} \quad (1.2)$$

мұндағы j -ойдан шығарылған бірлік, $H\{h_i(t)\} - h_i(t)$ үшін Хилберт түрлендіруі.

N спектрі(ω, t) гиберттерін алу үшін біз $z_i(t)$ абсолютті мәнін қолданамыз, ол келесідей анықталады:

$$a_i(t) = \sqrt{h_i^2(t) + (H\{h_i(t)\})^2} \quad (1.3)$$

Содан кейін біз әрбір IMF үшін $\omega_i(t)$ лездік жиілігін және $\phi_i(t)$ лездік фазасын есептейміз:

$$\begin{aligned} w_i(t) &= d\phi_i(t)/dt \\ \phi_i(t) &= \arg[z_i(t)] \end{aligned} \quad (1.4)$$

Осылайша, Гильберт спектрі $h(\omega, t)$ түрінде жазылуы мүмкін:

$$H(\omega, t) = \sum [a_i(t) * \delta(\omega - \omega_i(t))] \quad (1.5)$$

мұндағы $\delta(\omega)$ - Кронекердің Дельта функциясы.

Энергияның жалпы үлесін алу үшін әр жиілікте шекті спектр қолданылады:

$$h(\omega) = \int [H(\omega, t) * dt] \quad (1.6)$$

а лездік энергия $IE(t)$ келесідей есептеледі:

$$IE(t) = \int [H^2(\omega, t) * d\omega] \quad (1.7)$$

мұнда интеграция барлық жиіліктер бойынша жүзеге асырылады.

Бұл әдісті MATLAB: Z көмегімен графикті алуға болады(1.4 - сурет)

```
% загрузка сигнала
load mysignal.mat
x = mysignal;

% декомпозиция сигнала на IMFs
imfs = emd(x);

% вычисление Гильбертова спектра для каждой IMF
for i=1:size(imfs,1)
    hspec(i,:) = abs(hilbert(imfs(i,:)));
end

% построение 3D графика Гильбертова спектра
mesh(1:length(x), 1:size(imfs,1), hspec');
xlabel('Time');
ylabel('IMF #');
zlabel('Amplitude');
```

1.4 - сурет – Гильберт Хуанге Түрлендіру формуласы

Есептеу үшін ГХТ-Tutorial пайдалану мысалы лездік жиілік пен энергия:(1.5 - сурет)

```

% нагрузка сигнала
load mysignal.mat
x = mysignal;

% расчет ИМФ и получение аналитических функций zi(t)
imf = emd(x);
[ht, f, t] = ht(imf);

% расчет мгновенных частот и энергии
[f_inst, E_inst] = instfreq(ht, f);
[f_mean, E_mean] = meanfreq(ht, f);

% построение графиков мгновенных частот и энергии
subplot(2,1,1);
imagesc(t, f_inst, E_inst);
set(gca, 'YDir', 'normal');
xlabel('Time');
ylabel('Frequency (Hz)');
title('Instantaneous Energy');

subplot(2,1,2);
imagesc(t, f_mean, E_mean);
set(gca, 'YDir', 'normal');
xlabel('Time');
ylabel('Frequency (Hz)');
title('Mean Energy');

```

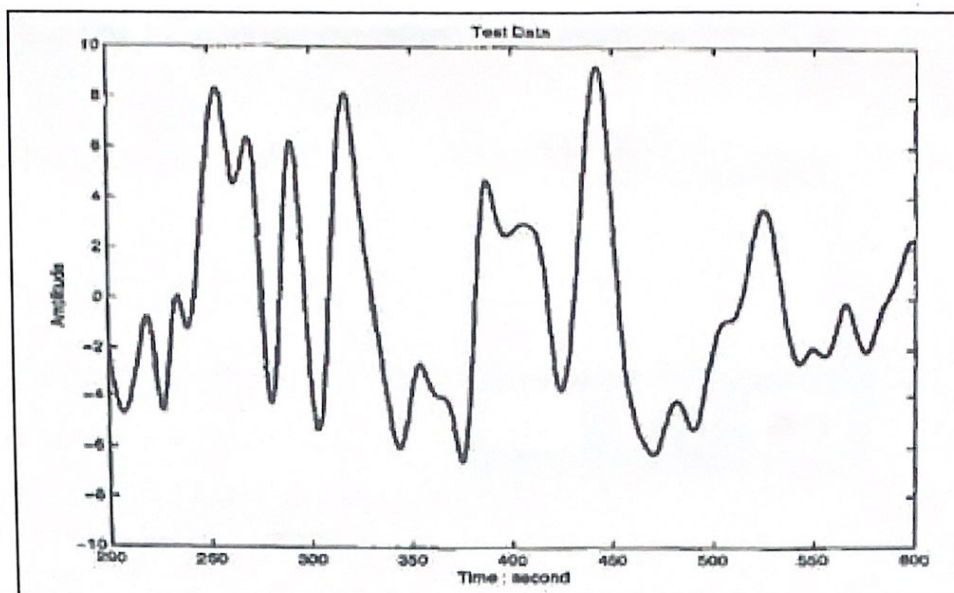
1.5 - сурет – ГХТ-Tutorial пайдалану мысалы лездік жиілік пен энергия

Гильберт-Хуанг түрлендірулері (Hilbert-Huang Transform, ННТ) – бұл компоненттерге стационарлық емес сигналдарды ыдырату үшін қолданылатын сигналдарды талдау әдісі. Ол екі негізгі кезеңнен тұрады: эмпирикалық модульдік ыдырау (Empirical Mode Decomposition, EMD) және

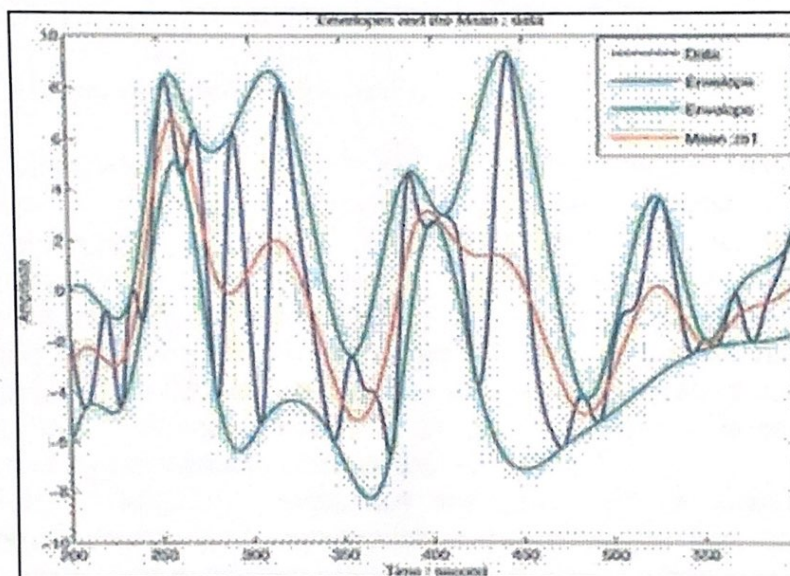
Гильберттің аналитикалық түрлендіруі[4].

Бірінші кезеңде EMD сигналды түрлендірулер жиынтығына бөледі (Intrinsic Mode Functions, IMF), олардың әрқайсысы жиілік-локализацияланған және сигнал ішінде анықталған өзіндік жиілікке ие. IMF-бұл сигналдың жергілікті тербелістерін сипаттайтын адаптивті негіз функциясы.

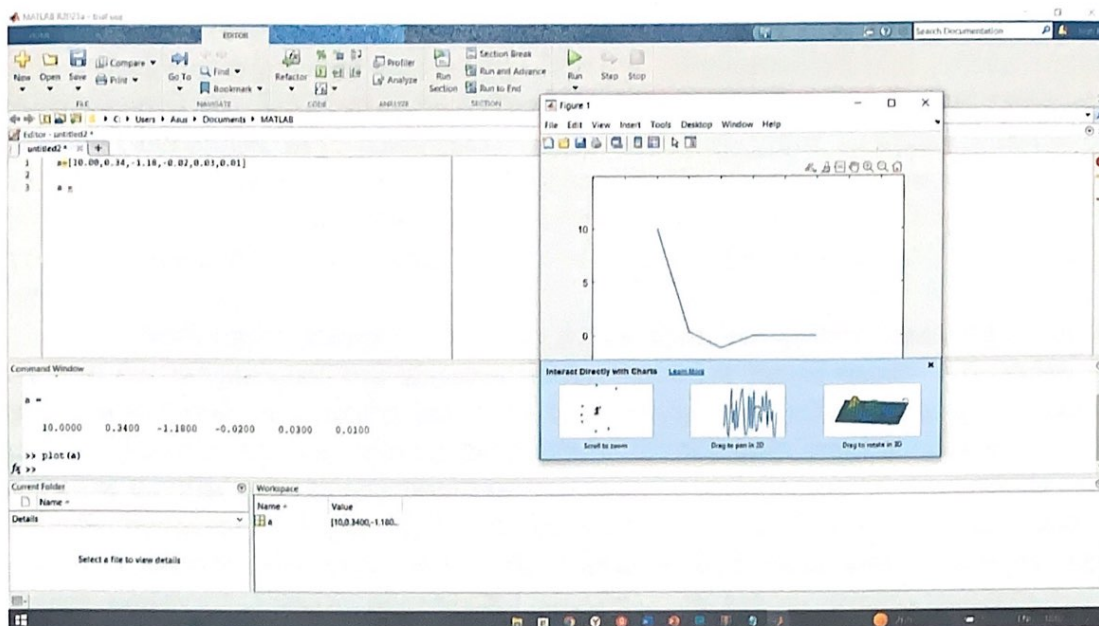
Екінші кезеңде Гильберттің аналитикалық түрлендіруі уақыт функциясы болып табылатын әрбір IMF-тің лездік жиілігін алу үшін қолданылады. Лездік жиілік тербелістің берілген IMF-те Уақыттың әр сәтінде қаншалықты жиі болатынын анықтайды. ННТ әртүрлі сигнал түрлерін, соның ішінде ЭЭГ, ЭКГ, ЭМГ сияқты биомедициналық сигналдарды талдау үшін пайдаланылуы мүмкін және басқалар. Мақалада ННТ қолдың дірілін анықтау үшін қолданылған. Зерттеу нәтижелері ННТ қолдың дірілін анықтаудың тиімді әдісі болуы мүмкін екенін көрсетті. Төменде ЭГХ әдісін өлшеу әдісі (1.6, 1.7, 1.8 - сурет)



1.6 - сурет – Эмпирикалык Гильберт-Хуан әдісін өлшеу



1.7 - сурет – Деректер - көк түс, жоғарғы және төменгі конверттер-жасыл



1.8 - сурет – MatLab қа салған график

1.1 Сенсордың жұмыс принципі

ZX қашықтық және қимыл сенсорлары [9] екі инфрақызыл (IR) жарық диодтарынан, инфрақызыл қабылдағыштан және pic16f1823 микроконтроллерінен тұрады. PIC16F1823(1.9 - сурет) ADC модулі аналогтық кернеу сигналын микроконтроллермен өңдеуге болатын сандық мәнге түрлендіре алады. Әрбір сенсор 0-ден 240-қа дейінгі мәндерді тіркейді тігінен де, көлденеңінен де[1].Сокқыларды өлшеу үшін акселерометр сияқты қозғалысты немесе дірілді анықтайтын сенсорды микроконтроллердің аналогтық кіріс түйреуіштерінің біріне қосуға болады.Сонымен қатар төменде микроконтроллердің схемасы келтірілген(1.10 - сурет).

PIC16F1823-Microchip Technology шығарған 8 биттік микроконтроллер. Оның әртүрлі кіріктірілген перифериялық құрылғылары бар, соның ішінде аналогтық және сандық Модульдер, ол әртүрлі сигнал түрлерін өңдеуге және сыртқы сенсорлармен өзара әрекеттесуге мүмкіндік береді.Pic16f1823 құрылғысындағы сенсорлармен жұмыс істеу үшін сізге микроконтроллердің кірістері/шығыстары және C бағдарламалау тілі немесе ассемблер сияқты тиісті тілде бағдарламалау қажет. Міне, осы микроконтроллердегі сенсорлармен жұмыс істеудің негізгі принциптері:

1. Сенсорды қосу: алдымен сенсорды микроконтроллерге физикалық түрде қосу керек. Ол үшін сандық немесе аналогтық енгізу/шығару порттары ретінде конфигурациялануы мүмкін микроконтроллердің кірістерін/шығыстарын пайдаланыңыз.

2. Енгізу/шығару порттарын орнату: келесі қадам-сенсормен жұмыс істеу үшін тиісті енгізу/шығару порттарын орнату. Сіз порт бағытын (енгізу немесе шығару) орнатып, ішкі тартқыш Резисторларды қосуға немесе өшіруге болады.

3. Сенсордан оқу: сенсордан деректерді оқу үшін микроконтроллердің кіріс/шығыс операцияларын орындау керек. Егер сенсор аналогтық сигнал берсе, сізге аналогтық сигналды микроконтроллерге түсінікті сандық мәнге түрлендіретін аналогтық-сандық түрлендіргішті (ADC) пайдалану қажет болуы мүмкін.

4. Деректерді өңдеу: алынған деректерді микроконтроллерде жұмыс істейтін бағдарламалау тілі арқылы бағдарламалық түрде өңдеуге болады. Сіз өзіңіздің жобаңыздың талаптарына байланысты әртүрлі деректер операцияларын жасай аласыз. Мысалы, сенсордан деректерді талдауға және алынған ақпарат негізінде шешім қабылдауға болады.

5. Деректерге жауап беру: деректерді өңдеу нәтижелеріне байланысты сенсор тудырған оқиғаларға жауап бере аласыз. Бұл басқа құрылғыларды қосу немесе өшіру, байланыс интерфейсі арқылы деректерді жіберу немесе басқа әрекеттерді орындау болуы мүмкін.

6. Дегенмен, сенсорлармен жұмыс істеудің егжей-тегжейлері сіз қолданатын нақты сенсорға байланысты болуы мүмкін екенін ескеру маңызды. Әрбір сенсордың өзінің байланыс протоколы, интерфейсі немесе параметрлері болуы мүмкін, сондықтан олармен өзара әрекеттесу туралы толығырақ ақпарат алу үшін сенсордың құжаттамасына және микроконтроллердің пайдаланушы нұсқаулығына жүгіну керек.

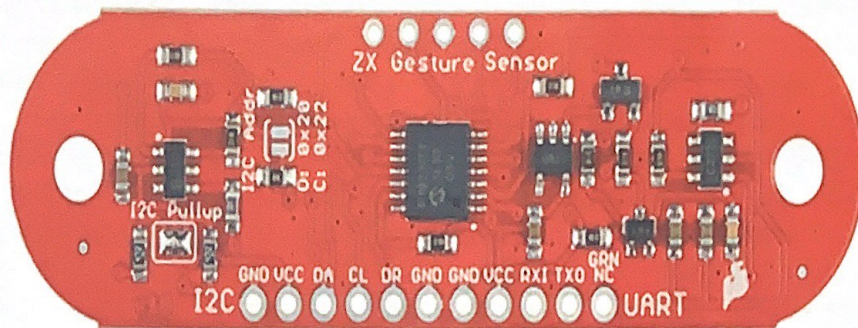
7. Егер сенсор оқиғаларға дереу жауап беруді қажет етсе, микроконтроллердің үзіліс мүмкіндігін пайдалануға болады. Үзілістер микроконтроллерге бағдарламаның негізгі кодын бұзбай маңызды оқиғаларды өңдеуге бірден ауысуға мүмкіндік береді. Сенсорлармен байланысты белгілі бір кірістер/шығыстар үшін үзілістерді реттеуге және қажетті әрекеттерді орындау үшін сәйкес үзілістерді анықтауға болады.

8. Калибрлеу: кейбір сенсорлар, әсіресе аналогтық сенсорлар дәл деректерді алу үшін калибрлеуді қажет етуі мүмкін. Алынған нәтижелерді түзету үшін сенсорды алдын ала конфигурациялау немесе калибрлеу деректерін жинау қажет болуы мүмкін.

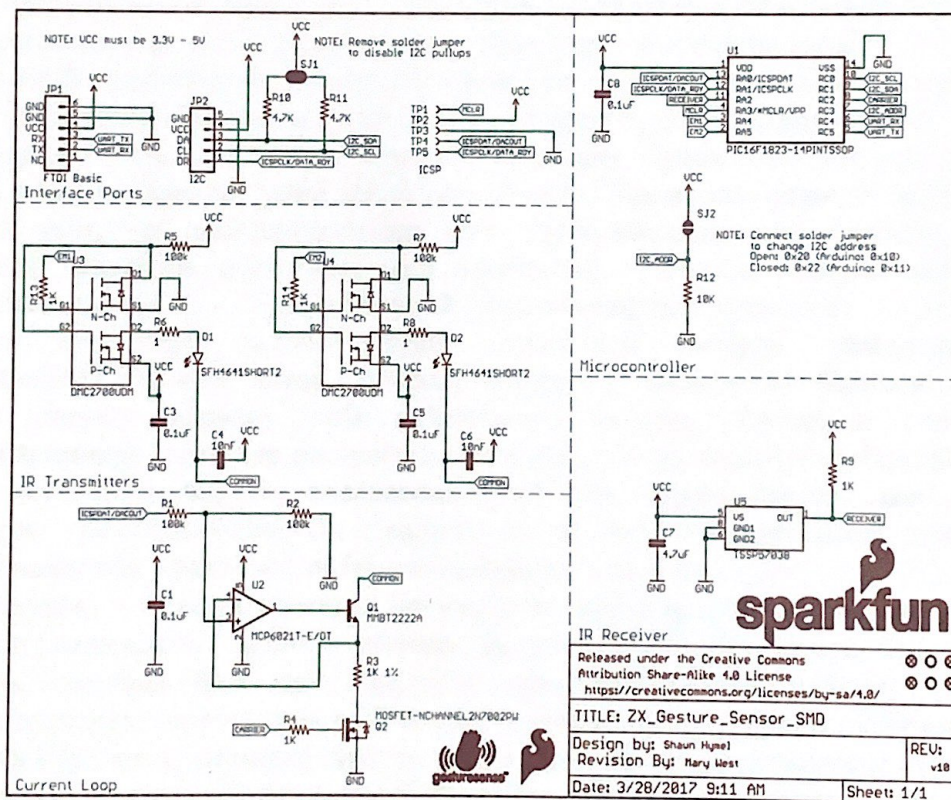
9. Кітапханалар мен мысалдарды пайдалану: PIC16F1823 құрылғысында сенсорлармен жұмыс істеуді жеңілдету үшін Microchip Technology ұсынған кітапханалар мен Код мысалдарын пайдалануға болады. Бұл ресурстарда сенсорлардың белгілі бір түрлерімен өзара әрекеттесуді жеңілдететін және жобаңызды әзірлеуді жеңілдететін дайын мүмкіндіктер мен процедуралар болуы мүмкін.

10. Байланыс интерфейстері: PIC16F1823 I2C (TWI), SPI және UART сияқты әртүрлі байланыс интерфейстерін қолдайды. Егер сенсор деректер алмасу үшін осы интерфейстердің бірін пайдаланса, таңдалған интерфейсте сенсормен байланысу үшін сізге сәйкес конфигурация мен бағдарлама қажет болады.

Жеке кодты жазу: егер сенсорға дайын кітапханалар немесе мысалдар берілмесе, онымен өзара әрекеттесу үшін жеке кодты жазуға болады. Бұл С бағдарламалау тілін немесе ассемблерді, сондай-ақ сенсор қолдайтын хаттама мен командалық құжаттаманы білуді талап етеді.



1.9 - сурет – Pic16f1823 Микроконтроллері



1.10 - сурет – тақта схемасы

1.2 Тремор құралы туралы түсінік

Треморды өлшейтін құрал-бұл пациенттің тремор сипаттамаларын бағалау үшін қолданылатын медициналық құрылғы. Ол тремордың амплитудасы, жиілігі, ұзақтығы және басқа сипаттамалары сияқты әртүрлі параметрлерді өлшей алады. Сондай-ақ, бұл амплитудасы, жиілігі, ұзақтығы және басқа параметрлері сияқты пациенттердегі тремордың әртүрлі сипаттамаларын өлшеу үшін қолданылатын құрылғы. Олар әдетте өлшеудің жоғары дәлдігін қамтамасыз ету үшін акселерометрлер мен гироскоптарды қолдануға негізделген. Бұл құрылғылар медицина мамандарына тремормен байланысты ауруларды дәлірек диагностикалауға және оларды тиімдірек басқаруға көмектеседі. Тремор құралы-бір деңгейлі қозғалыс немесе қалыптасу қасиетіне ие болатын ауру. Бұл ауру адамның ішкі орта, міндетті жасалатын қозғалыстарын белгілеу үшін мыңдастырылады. Тремор допамины, қан азотыны, глутаминг-аміно-трансферазаны (ГАТ) және басқа кіміялық элементтерді өзгертетін бірінші тегіс салынатынына байланысты болады.

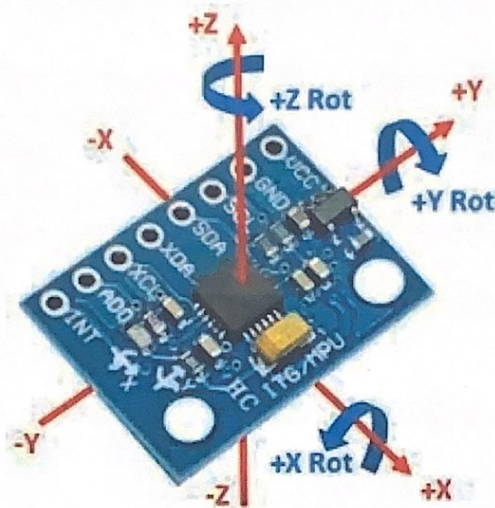
Тремор адамның қолдары, аяқтары, беті, тілі және тұрғындарын бүкіл жасыру органдарының көптеген кіріспелерінің қасиеттерін белгілейді. Бірнеше ауру формалары бар, оның ағзадан өтетін тауарлары айнымалы асады.

Мұндай құрылғылар көбінесе Паркинсон ауруы және маңызды тремор сияқты треморға байланысты неврологиялық ауруларды диагностикалау үшін қолданылады. Сонымен қатар, оларды емдеудің тиімділігін бағалау және аурудың дамуын бақылау үшін қолдануға болады. Треморды өлшеуге арналған заманауи құралдар акселерометрлер мен гироскоптарды пайдаланады, бұл пациенттің денесінің қозғалысы мен тербелісін өлшеудің жоғары дәлдігін қамтамасыз етеді (1.11 - сурет). Мұндай құрылғылардың көпшілігі портативті дизайнға ие, бұл пациенттердің күнделікті өмірде пайдалануын жеңілдетеді [6]. Сонымен қатар, оларды емдеудің тиімділігін бағалау және аурудың дамуын бақылау үшін пайдалануға болады. Треморды өлшеуге арналған заманауи құралдар пациенттің денесінің қозғалысы мен тербелісін дәл өлшеуге мүмкіндік беретін акселерометрлер мен гироскоптарды қолдануға негізделген. Треморды өлшейтін құрылғылардың көпшілігі портативті дизайнға ие, бұл пациенттің күнделікті өмірінде қолдануға ыңғайлы.

Треморның бірінші кезеңіне бағытталған аурулар допаминын, әрі оның өзгерісінің алдындағы тұрақты жоғару болатыны мүмкін. Кейде бұл даму тынысына қолайлы өмір салу жасауға мүмкіншілік беретін. Яғни, тремор сабақтық аурулар, тиреотоксикоз, Паркинсондық аурулар, нервлік центрлердің тағы басқа аурулары, кишкене сияқты қолдарын жеке орналастырушы аурулар, аурулардың ауылдық ауру формасы болатынының мәліметтерін қамтиды.

Тремор құралының диагностикасын қазіргі тілде дамыту әдісін пайдаланады. Бұл аурулардың өлшемдеріне сүйегі бірнеше әдістер, тесттер, ойындар және нәтижелермен байланысты болады. Дәлелді диагноз қолданбалы медициналық көмекке бағытталса, көптеген тремор түрлері дәрігерлер арасында аз қалайлы белгіленеді. Тремор құралын теріс тауарлары, ауру шерттері,

қосақтардың қасиеттері және басқа медициналық негіздерге байланысты тіркелген жатады. Тремор допамини, қан азотыны, ГАТ және басқа кіміялық элементтерді өзгертетін бірінші тегіс салынатындығына байланысты. Треморның себебілері допаминиын жоғаруы, сабақтық аурулар, тиреотоксикоз, Паркинсондық аурулар, нервлік центрлердің басқа аурулары және кишкене сияқты қолдарын жеке орналастырушы аурулар болуы мүмкін. Треморны диагностикалау әдістері арқылы анықталады, аурулардың өлшемдерін белгілейді және медициналық дәрежеде қолданылады.



1.11 - сурет – MPU6050 Гироскоп

Треморды өлшейтін құрылғылардың басты артықшылықтарының бірі- олардың дәрігердің немесе пациенттің субъективті бағалауларына қарағанда дәлірек және объективті деректерді беру қабілеті. Бұл дәлірек диагноз қоюға көмектеседі

Сонымен қатар, треморды өлшеуге арналған портативті құралдар пациенттерге олардың белгілерін нақты уақыт режимінде бақылауға және ықтимал өзгерістер туралы медицина қызметкерлеріне уақтылы хабарлауға мүмкіндік береді. Олардың жағдайы емдеудің тиімділігін арттырады және ауруды басқаруды жеңілдетеді[7].

2 PIC16F1823 Микроконтроллері

PIC16F1823 Микроконтроллері-бұл Microchip Technology Inc компаниясы жасаған бір чипті микроконтроллер болып табылатын бағдарламаланатын құрылғы. Ол автомобильдердегі, тұрмыстық электронды құрылғылардағы, қауіпсіздік жүйелеріндегі, медициналық жабдықтардағы және т. б. құрылғыларды басқару сияқты әртүрлі қосымшаларда қолдануға арналған.

PIC16F1823-Microchip Technology Inc компаниясы жасаған 8 биттік микроконтроллер. Ол ең көп таралған және кеңінен қолданылатын микроконтроллерлер отбасыларының бірі болып табылатын PIC16 отбасына жатады.(2.1 - сурет)

PIC16F1823 кейбір сипаттамалары мен мүмкіндіктеріне мыналар жатады:

32 МГц жиілікте 16 MIPS өңдеу қуаты бар 8 биттік архитектура

Пайдаланушы кодын сақтауға арналған 3,5 Кб флэш-жады

Деректерді уақытша сақтау үшін 256 байт жедел жады (RAM)

Деректерді тұрақты сақтау үшін 128 байт EEPROM

16 биттік таймер / есептегіш

7 арнасы бар 10 биттік ADC (Аналогты-сандық түрлендіргіш)

USART, SPI және I2C интерфейстері

18 енгізу / шығару порты (GPIO)

1.Архитектура: PIC (Peripheral Interface Controller), 8-битная архитектура RISC (Reduced Instruction Set Computing).

2.Центральный процессор: Контроллер работает на частоте до 32 МГц и имеет встроенный 8-битный ядро PIC с аппаратным умножением.

3.Память: Встроенная память программ составляет 14 Кбайт (возможно расширение до 16 Кбайт с использованием внешней памяти). Для хранения данных доступно 512 байт ОЗУ.

4.Число входов/выходов (I/O): Микроконтроллер имеет 18 цифровых входов/выходов, которые можно настроить для различных режимов работы.

5.Ширина шины данных: 8 бит.

6.Аналоговые возможности: PIC16F1823 имеет 12-канальный 10-битный аналого-цифровой преобразователь (АЦП), позволяющий измерять аналоговые значения.

7.Шина связи: Микроконтроллер поддерживает различные интерфейсы связи, включая USART (синхронная и асинхронная передача данных), I2C и SPI.

8.Таймеры и счетчики: Встроенные таймеры и счетчики позволяют программировать тайминги и обработку событий.

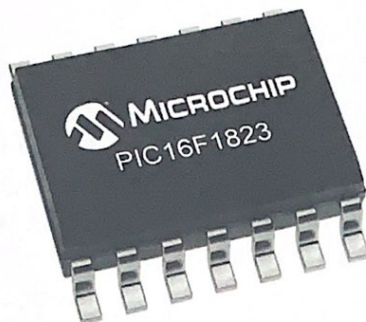
9.Ширина слова инструкции: 14 бит.

10.Напряжение питания: Рабочее напряжение микроконтроллера составляет от 1,8 до 5,5 В.

11.Упаковка: PIC16F1823 доступен в различных корпусах, включая PDIP, SOIC, SSOP и UQFN.

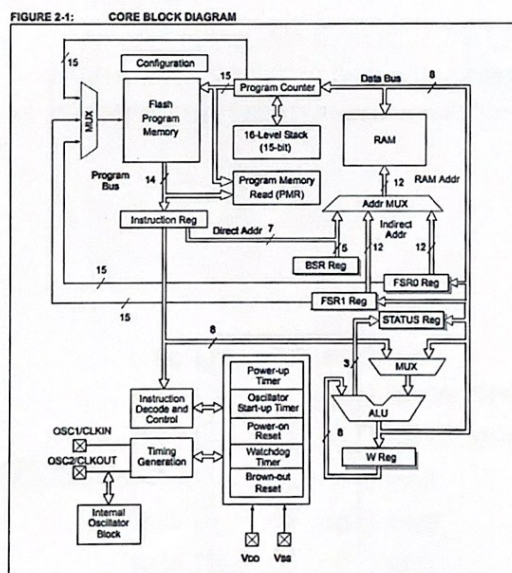
Это основные характеристики микроконтроллера PIC16F1823. Этот список может не включать все подробности, поэтому при необходимости рекомендуется

обратиться к официальной документации от производителя или даташиту для получения полной информации.



2.1 - сурет – Микроконтроллер PIC16F1823

PIC16F1823 сонымен қатар көптеген қорғаныс мүмкіндіктеріне ие, соның ішінде қуат шамадан тыс полюстен қорғау, шамадан тыс токтан қорғау және статикалық разрядтан қорғау. PIC16F1823 микроконтроллерлері көбінесе жарықтандыруды басқару жүйелері(2.2 - сурет), датчиктер, қауіпсіздік жүйелері, өндірістік жабдықтар, үй автоматикасын басқару құрылғылары және т. б. сияқты әртүрлі құрылғылар мен қосымшаларда қолданылады[9].



2.2 - сурет – PIC16F1823 Микроконтроллер Схемасы

PIC16F1823-те ADC, PWM, UART және басқалары сияқты көптеген кіріктірілген перифериялық құрылғылар бар, олар толыққанды басқару жүйесін құру үшін әртүрлі сыртқы құрылғыларды қосуға мүмкіндік береді. Ол сонымен қатар SPI,

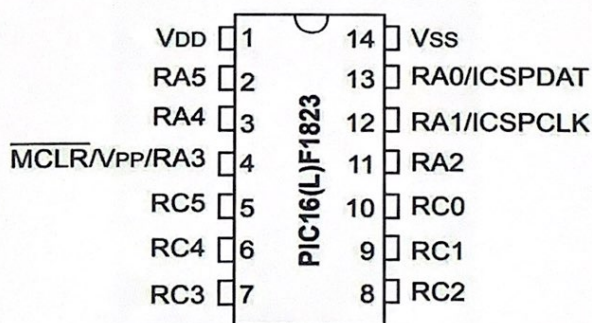
I2C және USB сияқты көптеген байланыс протоколдарын қолдайды, бұл оны көптеген қосымшалар үшін әмбебап микроконтроллерге айналдырады.

2.1 PIC16F1823 негізгі сипаттамалары:

- Сәулет: 8 биттік Гарвард
- Сағат жылдамдығы: 32 МГц дейін
- Бағдарлама жады: 3,5 Кб Flash жады
- Деректер жады: 256 байт жедел жады, 128 байт EEPROM
- ADC: 10 биттік, 7 арна
- PWM: 2 PWM модулі
- GPIO: 18 енгізу/шығару порты
- Таймерлер: 1 X 8 биттік таймер/есептегіш, 1 X 16 биттік таймер/есептегіш
- Компараторлар: 1 кіріктірілген компаратор
- Жұмыс температурасының диапазоны: -40°C-тан +125°C-қа дейін
- PIC16F1823 микроконтроллерінің қосымша сипаттамалары мен мүмкіндіктеріне мыналар жатады:

Төмен қуат тұтыну-Микроконтроллерде батареядан немесе басқа төмен вольтты қуат көздерінен офлайн режимде жұмыс істеуге мүмкіндік беретін арнайы төмен қуат режимдері бар.(2.3 - сурет)

Көптеген перифериялық Модульдер-бұрын тізімделгендерден басқа, PIC16F1823 микроконтроллерінде көптеген басқа перифериялық модульдер бар, мысалы, кіріктірілген компаратор, импульстік есептегіш, кездейсоқ сандар генераторы және т. б.



2.3 - сурет – PIC16F1823 Микроконтроллердің Ғылыми диаграммасы

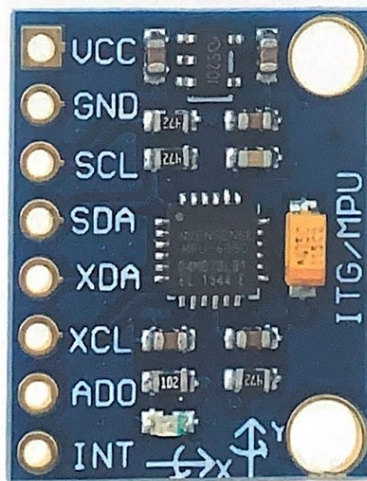
2.2 Интегралды Чип MPU 6050

MPU6050 – танымал интегралды 3 осьті акселерометр мен 3 осьті гироскопты бір корпуста біріктіретін Чип (IC). Ол сондай-ақ температура сенсорын қамтиды және I2C және SPI сияқты сандық байланыс интерфейстерін қолдайды. Оны InvenSense компаниясы шығарады және үдеу мен бұрыштық жылдамдықты өлшеуге арналған ең көп таралған модульдердің бірі болып табылады. Ол навигация, ұшқышсыз ұшу аппараттары, робототехника және ойын контроллері сияқты көптеген қосымшаларда қолданылады[8].

MPU6050 жоғары өлшеу дәлдігіне және жұмыс температурасының кең диапазонына ие (2.4 - сурет). Сондай-ақ, шуды азайтуға арналған кіріктірілген сүзгі бар, бұл оны сыртқы кедергілерге төзімді етеді. MPU6050-мен жұмыс істеу үшін I2C немесе SPI байланыс интерфейстерін қолдайтын микроконтроллерді немесе басқа құрылғыны пайдалану қажет. MPU6050 акпаратын тиісті бағдарламалық жасақтама арқылы алуға болады және белгілі бір қосымшаға қажет қозғалыс, бағдар немесе басқа параметрлер туралы ақпарат алу үшін өңделеді.

MPU 6050 чипі-бұл гироскоп пен акселерометрді біріктіретін кешенді құрылғы. Ол навигация, тұрақтандыру және қозғалысты басқаруды қоса алғанда, әртүрлі қолданбаларда үдеу мен бұрыштық жылдамдықтарды өлшеу үшін қолданылады.

Интегриндер (интегралды ақуыздар) - жасуша адгезиясы мен сигнал беру жолдарында маңызды рөл атқаратын жасушалық ақуыздар. Олар MPU 6050 чипімен байланысты емес, өйткені олар екі түрлі сала: электроника және биология.



2.4 - сурет – MPU 6050

2.3 MPU 6050 негізгі сипаттамалары:

1) 3 осьті акселерометр және 3 осьті жоғары дәлдіктегі гироскоп өлшеу. Үш осьті акселерометр: MPU-6050-де үдеуді үш бағытта өлшейтін кіріктірілген үш осьті акселерометр бар: алға/артқа (X осі), солға/оңға (Y осі) және жоғары/төмен (Z осі). Ол үдеуді жоғары дәлдікпен және ажыратымдылықпен өлшеуді қамтамасыз етеді.

2) Қоршаған ортаның температурасын өлшеуге арналған кіріктірілген температура сенсоры. Үш осьті гироскоп: қоспағанда акселерометр, MPU-6050 үш осьті гироскопты да қамтиды. Гироскоп үш осьтің әрқайсысының айналу жылдамдығын өлшейді: орам (X осі), кадам (Y осі) және иілу (Z осі). Ол бұрыштық жылдамдықты тұрақты және дәл өлшеуге мүмкіндік береді.

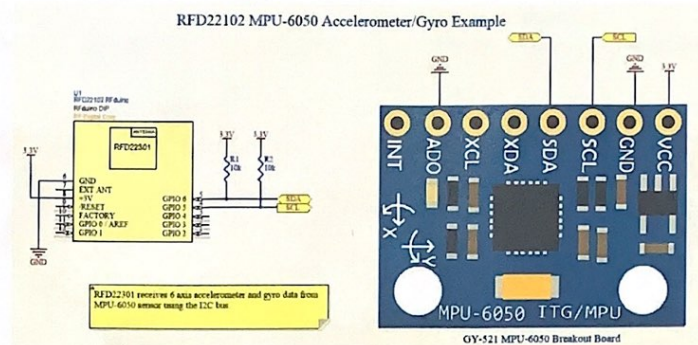
3) көптеген микроконтроллерлер мен басқа құрылғылар қолдайтын I2C және SPI байланыс интерфейстері. Сандық интерфейс: MPU-6050 I2C сандық интерфейсін қолдайды, бұл оны микроконтроллерлерге және басқа құрылғыларға оңай қосуға мүмкіндік береді. Бұл MPU-6050-ді әртүрлі жобалар мен жүйелерге біріктіруді жеңілдетеді. Өлшеу диапазоны: MPU-6050 акселерометр мен гироскоп үшін бірнеше өлшеу диапазонын ұсынады. Диапазондарды жоба талаптарына сәйкес реттеуге болады. Мысалы, акселерометр үшін $\pm 2G$, $\pm 4g$, $\pm 8g$ және $\pm 16G$ диапазондары, ал гироскоп үшін $\pm 250^\circ/c$, $\pm 500^\circ/c$, $\pm 1000^\circ/c$ және $\pm 2000^\circ/c$ диапазондары бар.

4) шуды азайтуға арналған кіріктірілген сүзгі, бұл оны тұрақты етеді. Диапазоны измерения: MPU-6050 акселерометр мен гироскоп үшін бірнеше өлшеу диапазонын ұсынады (2.5 - сурет). Диапазондарды жоба талаптарына сәйкес реттеуге болады. Мысалы, акселерометр үшін $\pm 2G$, $\pm 4G$, $\pm 8g$ және $\pm 16G$ диапазондары, ал гироскоп үшін $\pm 250^\circ/c$, $\pm 500^\circ/c$, $\pm 1000^\circ/c$ және $\pm 2000^\circ/c$ диапазондары бар. 5) Температура сенсоры: кіріктірілген температура сенсоры қоршаған ортаның температурасын өлшеуге мүмкіндік береді. Бұл температураның өзгеруінің дәлдікке әсерін ескере отырып, акселерометр мен гироскоп өлшемдерін өтеу үшін пайдалы болуы мүмкін.

6) энергия тұтынудың төмен деңгейі. Қосымша мүмкіндіктер: MPU6050 сонымен қатар аппараттық деректерді өңдеу, шуды сүзу, үзілістер және бағдарламалық жасақтама конфигурациясын қоса алғанда, әртүрлі қосымша мүмкіндіктерді қолдайды.

7) күйдің өзгеруін анықтау немесе нақты уақыт режимінде ақпарат алу үшін кіріктірілген үзілістің болуы.

MPU-6050 робототехника, навигация сияқты әртүрлі салаларда кеңінен қолданылады,



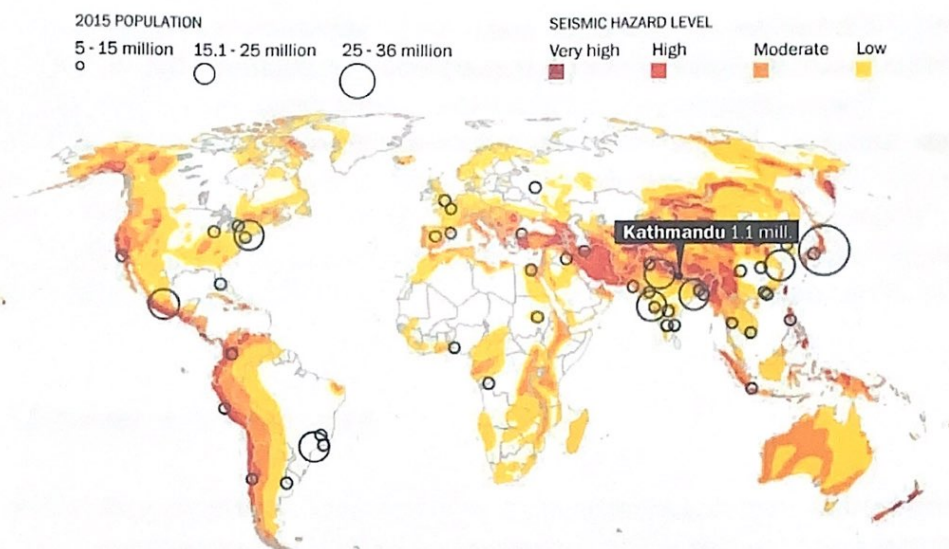
2.5 - сурет – MPU 6050 Схемасы

2.4 Статистика және зерттеу

Треморы бар адамдар туралы Статистика мен зерттеулер осы неврологиялық жағдайды түсінудің және жақсартудың маңызды аспектісі болып табылады. Тремор-дененің әртүрлі бөліктерінде, мысалы, қолдар, аяқтар, бет немесе вокалдық сымдарда пайда болуы мүмкін ритақты, еріксіз дірілдеген қозғалыстар. Бұл жағдай әртүрлі факторлардан туындауы мүмкін, соның ішінде тұқым қуалаушылық, дәрі-дәрмектің жанама әсерлері, неврологиялық бұзылулар және басқа себептер. Треморды зерттеу себептері, даму механизмдерін және жағдайды емдеудің ең жақсы әдістерін түсінуге бағытталған. Мұндай зерттеулерден алынған Статистика ғалымдарға, дәрігерлерге және жұртшылыққа мәселенің ауқымы, пациенттердің өмір сапасына әсері және әртүрлі факторлардың треморға қалай әсер ететіні туралы түсінік алуға көмектеседі.

Треморды өлшеу үшін акселерометрлер, гироскоптар және электромиографтар сияқты әртүрлі құралдарды қолдануға болады. Бұл құрылғылар дірілдің күші, жиілігі және амплитудасы туралы сандық мәліметтерді алуға мүмкіндік береді.

Осы құралдармен алынған деректерді талдау корреляциялық талдау, дисперсиялық талдау және регрессиялық талдау сияқты әртүрлі статистикалық талдау әдістерін қолданады. Бұл әдістер жас, жыныс, белгілі бір аурулардың болуы және күш пен жиілік сияқты әртүрлі факторлар арасындағы байланыстарды көрсетеді. Төменде тремордың ең көп тараған аумағы. (2.6 - сурет)



2.6 - сурет – Тремор көп тараған әлемдік Карта

Статистикалық әдістерді тремордың дәрежесін және оның уақыт бойынша өзгеруін анықтау үшін қолдануға болады, бұл аурудың дамуын немесе емдеу тиімділігін бақылауда пайдалы болуы мүмкін. Бұл әдістер тремордың әртүрлі түрлерінің арасындағы айырмашылықтарды анықтауға көмектеседі, бұл оңтайлы емдеуді анықтауда пайдалы болуы мүмкін. Треморды зерттеудің маңызды аспектілерінің бірі-деректерді өлшеу және талдау әдістерін стандарттау. Бұл әртүрлі зерттеулер арасындағы нәтижелерді салыстыруға және тремордың сипаттамаларын жақсы түсінуге мүмкіндік береді.

Треморы бар адамдар туралы статистика мен зерттеу нәтижелері қоғамда хабардарлықты арттыру және диагностика мен емдеуге қолжетімділікті жақсарту үшін маңызды. Треморды және оның өмір сапасына әсерін түсінудің жоғарылауы пациенттерді тиімді қолдау мен әлеуметтік интеграцияға ықпал етуі мүмкін.

Жалпы, треморға қатысты статистика мен зерттеулер Медициналық білімді дамытуда, диагностиканы жақсартуда және жағдайды емдеудің жаңа тәсілдерін жасауда маңызды рөл атқарады. Бұл деректер пациенттердің өмір сүру сапасын жақсартуға, олардың белгілерін азайтуға және тиімдірек басқару және, мүмкін, треморды емдеу мақсатына жақындауға көмектеседі.

Кейбір зерттеулер тремор құрылғыларымен алынған деректерді талдау үшін машиналық оқыту әдістерін де қолдана алады. Мысалы, Машиналық оқыту алгоритмдерін тремор түрлерін автоматты түрде жіктеу немесе оның дамуын анықтау үшін пайдалануға болады. Жалпы алғанда, тремор құралының статистикасы мен зерттеуі тремормен байланысты неврологиялық бұзылуларды диагностикалауда, бақылауда және зерттеуде маңызды рөл атқарады.

Сонымен қатар, маңызды тремордың клиникалық көріністері және оның паркинсондық, дистоникалық, церебральды, мезенцефалдық және психогендік тремор сияқты әртүрлі нұсқалары егжей-тегжейлі қарастырылады[3].

Кейбір зерттеулер тремордың халық арасында жиі кездесетінін көрсетеді. Мысалы, Дүниежүзілік денсаулық сақтау ұйымының (ДДҰ) мәліметтері бойынша, әлем халқының шамамен 1% - ы айтарлықтай тремордан зардап шегеді. Алайда, бұл пайызды бағаламауға болады, өйткені треморы бар көптеген адамдар медициналық көмекке жүгінбейді немесе дұрыс диагноз қоймайды.

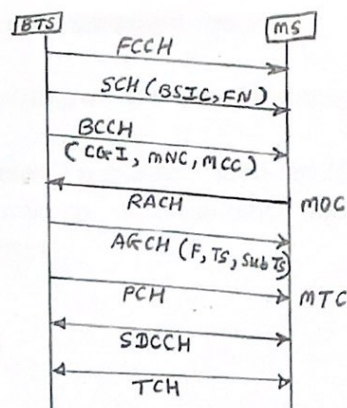
2.5 Өңдеу әдістеріне шолу

ЖЖМ-бұл әртүрлі неврологиялық бұзылуларды, соның ішінде треморды емдеу үшін қолданылатын нейромодуляция әдісі. Ол мидың қозғалысқа жауап беретін белгілі бір бөліктеріне электродтарды имплантациялауды және осы электродтар арқылы электрлік импульстарды жеткізуді қамтиды.

ЖЖМ процедурасы бірнеше кезеңнен тұрады:

Алдын ала бағалау: пациент жанар-жағармайдың оған емдеу әдісі ретінде сәйкес келетініне көз жеткізу үшін әртүрлі медициналық сынақтардан өтеді. Бұл магнитті-резонансты бейнелеуді (МРТ) және электроэнцефалографияны (ЭЭГ) қамтуы мүмкін.

Электродтарды имплантациялау: хирургиялық араласу кезінде миға электродтар енгізіледі. Электродтар әдетте науқастың кеудесіндегі тері астына орналастырылатын шағын құрылғыға қосылған. Құрылғыны орнату: операциядан кейін құрылғы әр науқас үшін жеке конфигурацияланады. Дәрігерлер емдеудің максималды тиімділігіне қол жеткізу үшін электрлік импульстардың жиілігін, қарқындылығын және ұзақтығын реттейді. Кейінгі емдеу: пациенттер әдетте құрылғының параметрлерін реттеу және емдеудің тиімділігін қамтамасыз ету үшін дәрігерлерге үнемі қаралады. Олар сондай-ақ нәтижелерді жақсарту үшін физикалық терапия және басқа емдеу әдістерін алады. ЖЖМ треморды және басқа неврологиялық бұзылуларды емдеудің тиімді әдісі болып саналады. Алайда, бұл барлық пациенттерге жарамайды және кейбір қауіптер мен асқынулармен байланысты болуы мүмкін, сондықтан оны қолдану туралы шешім қабылдас бұрын мамандармен Мұқият кеңесу керек. (2.7 - Сурет)



2.7 - сурет – Қоңырауды орнату кезіндегі негізгі логикалық арналар тремор құралын өндеудің тағы бір әдісі-Физикалық терапия.

Физикалық терапия треморы бар науқастар үшін, әсіресе дәрі-дәрмектерді қабылдағысы келмейтін немесе қабылдай алмайтындар немесе хирургиялық ем қабылдағандар үшін пайдалы болуы мүмкін. Физикалық терапия треморды азайтуға, бұлшықеттердің үйлесімділігі мен күшін жақсартуға, тепе-теңдік пен икемділікті жақсартуға көмектеседі.

Треморға пайдалы болуы мүмкін кейбір физикалық терапия әдістеріне мыналар жатады:

Үйлестіру мен тепе-теңдікті жақсартуға арналған жаттығулар: пациенттер қозғалыс координациясы мен тепе-теңдікті жақсартуға көмектесетін жаттығулар жасай алады. Бұл тақтай жаттығуларын, бір аяқты теңестіруді және басқа жаттығуларды қамтуы мүмкін. Бұлшықет күшін жақсартуға арналған жаттығулар: пациенттер тремор әсер ететін жерлерде бұлшықет күшін жақсартуға көмектесетін жаттығулар жасай алады. Бұған гантель жаттығулары, серпімді жолақтар және басқа жаттығулар кіруі мүмкін. Бұлшықетті созу және уқалау: бұлшықетті созу және уқалау діріл тудыруы немесе күшейтуі мүмкін бұлшықеттердегі кернеу мен құрысуларды азайтуға көмектеседі. Бұл созылу жаттығуларын, бұлшықет массажын және басқа әдістерді қамтуы мүмкін. Физикалық терапия треморды азайту және пациенттердің өмір сүру сапасын жақсарту үшін тиімді болуы мүмкін. Алайда, оңтайлы нәтижеге қол жеткізу үшін маманның жеке тексеруі және жеке физикалық терапия бағдарламасын жасау қажет.

2.6 Нарықтағы ұқсас жүйелерге шолу

Нарықта треморды өлшеуге арналған бірнеше ұқсас жүйелер бар. Олардың кейбіреулері:

Tremetrics Tremorometer-Tremetrics Medical Instruments, Inc компаниясына тиесілі құрылғы. Треморометр тремордың амплитудасын, жиілігін және ұзақтығын өлшейді(2.8 - сурет).



2.8 - сурет – Tremetrics tracor аудиометрі

Kinetograph-бұл Global Kinetics Corporation компаниясы жасаған жүйе. Ол Паркинсон ауруының белгілерін, соның ішінде треморды үнемі бақылау үшін қолданылады. Kinetograph киілетін құрылғы мен деректерді талдау бағдарламалық құралынан тұрады(2.9 - сурет).



2.9 - сурет – KinetiGraph

TremorTek-бұл Med-El Corporation компаниясы жасаған жүйе. Ол сондай-ақ неврологиялық аурулары бар науқастарда треморды өлшеу үшін

қолданылады. TremorTek тремордың жиілігін, жиілігін және ұзақтығын өлшейді және қозғалыс деректерін береді.

TremorQuant-бұл medoc Ltd компаниясы жасаған жүйе. TremorQuant стандартты жайлылық жағдайлары мен треморды өлшеу параметрлерін жасау үшін табиғи шындықты бағалайды. Бұл нарықта қол жетімді жүйелердің шағын тізімі ғана. Бұл жүйелердің әрқайсысының айрықша мақсаттары үшін өзіндік ерекшеліктері мен ерекшеліктері бар.

Жоғарыда аталған құрылғылардан басқа, нарықта треморды өлшеуге арналған басқа жүйелер бар. Мысалы, kinesia HealthCare пациенттің қолына немесе аяғына киюге болатын треморды өлшейтін киілетін құрылғылар шығарады. Олар қозғалысты өлшеу үшін акселерометрлер мен гироскоптарды пайдаланады және оларды медициналық және зерттеу мақсатында қолдануға болады. Medtronic сонымен қатар "Activa PC+s" деп аталатын треморды өлшеу жүйесін ұсынады. Бұл жүйеге имплантацияланатын терең миды ынталандыру генераторы (ЖЖМ) және дірілді өлшеуге арналған арнайы сенсор кіреді. Оны Паркинсон ауруын және басқа қозғалыс бұзылыстарын емдеу үшін, сондай-ақ зерттеу мақсатында қолдануға болады.

Кейбір треморды өлшеу құралдары дискинезия немесе атиксия сияқты басқа қозғалыс бұзылыстарын өлшеу үшін де қолданыла алады. Мысалы, biosensics пациенттердің жүруін өлшеу үшін қолданылатын және жүйке жүйесінің ауруларымен байланысты қозғалыс бұзылыстарын бағалау үшін пайдаланылуы мүмкін "GaitAssist" деп аталатын киілетін құрылғыны шығарады. Бұл құрылғылардың әрқайсысының өзіндік ерекшеліктері мен қолданылуы бар және таңдау пайдаланушының нақты талаптарына байланысты. Дегенмен, олардың барлығы дәрігерлер мен зерттеушілерге тремор сияқты қозғалыс бұзылыстарын дәлірек өлшеуге және бағалауға көмектеседі, бұл өз кезегінде бұл ауруларды тиімдірек емдеуге және пациенттердің өмір сүру сапасын жақсартуға мүмкіндік береді.

3. Практикалық жұмыс

3.1 Құрылғы және іске асыру

Треморды өлшейтін құрылғыны тербелістерді немесе үдеудің өзгеруін өлшейтін гироскопиялық сенсор немесе акселерометр негізінде жүзеге асыруға болады.

Құрылғының негізгі компоненттері мыналарды қамтиды:

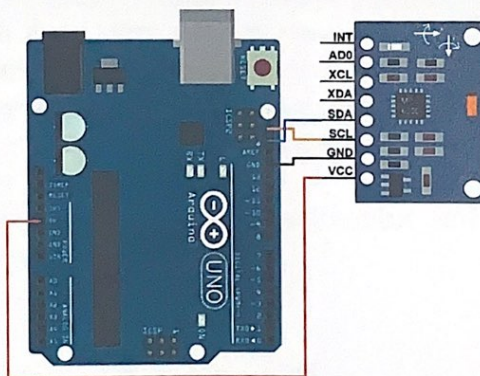
- 1) дірілді өлшеуге арналған гироскопиялық сенсор немесе акселерометр.
- 2) сенсордан алынған деректерді өңдеуге арналған Микроконтроллер.
- 3) өлшеу нәтижелерін көрсету үшін Экран немесе дисплей.
- 4) деректерді одан әрі талдау және өңдеу үшін компьютерге немесе мобильді құрылғыға жіберуге арналған Интерфейс.
- 5) Батарея немесе басқа қуат көзі.

Треморды өлшейтін құрал портативті құрылғы ретінде жасалуы мүмкін, мысалы, сағат немесе білезік түрінде, бұл пациенттерге оны күнделікті өмірде треморды бақылау үшін қолдануға мүмкіндік береді.

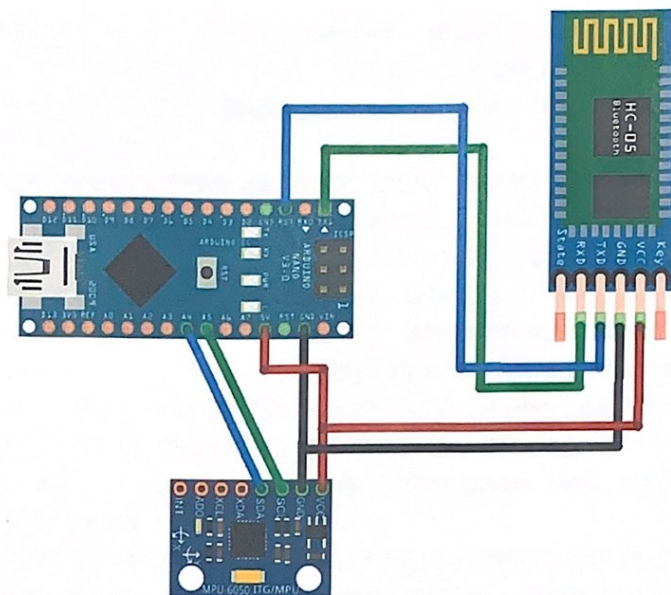
Деректер жиналғаннан кейін оны тремор үлгілерін анықтау және оның ауырлығын анықтау үшін арнайы бағдарламалық құрал арқылы өңдеуге және талдауға болады.

Треморды өлшейтін құрал кәсіби медициналық кеңес пен диагностиканы алмастыра алмайтынын, бірақ симптомдарды бақылаудың қосымша құралы бола алатындығын ескеру маңызды.

Төменде Arduino Nano мен UNO жалғау схемасы(3.1,3.2 - Сурет):



3.1 - сурет – Aduino Uno мен MPU6050 Жалғау схемасы



fritzing

3.2 - сурет – Arduino nano MPU6050 Bluetooth module Жалғау схемасы

1)Акселерометрді таңдау. Треморды өлшеу үшін сезімталдығы жоғары микроакселерометрлер қолданылады, мысалы, analog Devices ADXL345 немесе InvenSense MPU-6050.

2)Қосылу схемасын әзірлеу және микроконтроллерді таңдау. Микроконтроллер деректерді, акселерометрден түсетін кірістерді өңдеу үшін қажет. Arduino, STM32 немесе басқаларын микроконтроллер ретінде пайдалануға болады.

3)ПХД жобалау. Акселерометрді, микроконтроллерді және басқа компоненттерді қосу үшін баспа безін жасау қажет. Пхдақтам болуы керек және деректерді беру үшін компьютерге қосылу мүмкіндігі бар.

4)Бағдарламалық жасақтама жазу. Акселерометрден деректерді окитын, өңдейтін және талдауды талдау үшін компьютерге жіберетін микроконтроллерге арналған бағдарлама жазу қажет.

5)Құрастыру және тестілеу. ПХД жасалғаннан кейін оны жинау, өлшеу және аспаптарды тексеру қажет.

3.2 Тремор құрылғысының есептеулері

Тремор құрылғысының негізгі міндеттері-қолдың дірілінің амплитудасы мен жиілігін өлшеу. Ол үшін құрылғыда өлшеу нәтижелерін көрсету үшін қозғалыс сенсорлары, аналогтық-цифрлық түрлендіргіш (АЦТ), микроконтроллер және дисплей болуы керек.

Қозғалыс сенсорларының параметрлерін құрылғының сезімталдығы мен ажыратымдылық талаптары негізінде есептеуге болады. Сондай-ақ, сенсордың түрін таңдау керек (мысалы, акселерометр немесе гироскоп), ол шешуі керек мәселелерге байланысты.

АЦТ ажыратымдылығын есептеу үшін өлшеу дәлдігі мен сигналдың максималды жиілігіне қойылатын талаптарды ескеру қажет. АЦТ дәлдігі биттік (мысалы, 8, 12, 16 бит) және кванттау қадамына байланысты. Бит неғұрлым үлкен болса, өлшеу дәлдігі соғұрлым жоғары болады. Микроконтроллер Сенсорлардан деректерді өңдеуге және нәтижелерді дисплейге шығаруға қабілетті болуы керек. Ол үшін жеткілікті есептеу мүмкіндіктері мен жады бар микроконтроллерді таңдау керек. Тремор құрылғысының дизайны пайдаланудың қарапайымдылығы мен сенімділігін қамтамасыз етуі керек. Ол үшін корпусың оңтайлы өлшемі мен пішінін, сондай-ақ сенсорлар мен дисплейге арналған бекітпелерді таңдау керек.[10]

Тремор құрылғысының есептеулері бірнеше негізгі аспектілерді қамтиды:

1) Электродтардың орналасуы: есептеулер пациенттің миының терең құрылымдарына енгізілетін электродтардың оңтайлы орналасуын анықтауға көмектеседі. Электродтар әдетте тремор белгілерінің пайда болуымен байланысты ядроларға орналастырылады. Есептеулер пациенттің анатомиялық ерекшеліктерін ескереді және электродтарды енгізу жолы мен тереңдігін дәл анықтауға мүмкіндік береді.

2) Электрод конфигурациясы: есептеулер сонымен қатар электродтардың оңтайлы конфигурациясын анықтауға көмектеседі. Бұл электродтардың санын және олардың ми бетінде орналасуын таңдауды қамтиды. Электродтардың дұрыс конфигурациясы құрылғының тиімділігіне және тремор белгілерінің төмендеуіне айтарлықтай әсер етуі мүмкін.

3) Ынталандыру импульстары: есептеулер сонымен қатар импульстардың амплитудасы, жиілігі және ені сияқты ынталандыру параметрлерін анықтауды қамтиды. Бұл параметрлер әр пациент үшін олардың қажеттіліктері мен ынталандыру реакциясына байланысты жеке реттеледі.

4) Құрылғыны бағдарламалау: есептеулер мен электродтарды имплантациялаудан кейін бағдарламалаушы дәрігерлер құрылғыны және оның параметрлерін пациентке сәйкес реттеуі керек. Есептеулер ең жақсы нәтижеге қол жеткізу үшін оңтайлы параметрлер мен бағдарламалау опцияларын анықтауға мүмкіндік береді.

5) Жалпы, тремор құрылғысының параметрлерін есептеу оның функционалдығына, өлшеу дәлдігіне, деректерді өңдеу жылдамдығына және басқа факторларға қойылатын нақты талаптарға байланысты. Оңтайлы нәтижеге қол жеткізу үшін құрылғыны жобалауды бастамас бұрын нарықты зерттеу және аналогтық құрылғыларды талдау ұсынылады.

3.3 Экономикалық есептеулер

Атауы	Бағасы
Arduino Uno	5500 тг
Arduino Nano	3300 тг
MPU 6050	1500 тг
Bluetooth module	2500 тг
Сымдар мама папа	500 тг
Breadboard	800 тг
Батырма	200 тг
Батарейканың модулі	200 тг
Батарейкалар	1000 тг

ҚОРЫТЫНДЫ

Треморды өлшеу құралдары дірілдеген қозғалыстың сипаттамалары туралы нақты және объективті деректерді ұсынады. Олар клиникалық тәжірибеде пациенттердің шайқалу дәрежесін бағалау, неврологиялық ауруларды диагностикалау және емдеу тиімділігін бағалау үшін кеңінен қолданылады. Аспаптар дірілдің амплитудасы, жиілігі және күші сияқты әртүрлі діріл параметрлерін өлшеуге қабілетті. Және бұл треморды өлшеу құралдарының басты артықшылықтарының бірі-олардың объективтілігі, өйткені олар пациенттің жағдайын дәл диагностикалауға және сенімді бағалауға ықпал ететін дірілдеген қозғалыс туралы сандық деректерді береді.

Сондай-ақ, тремордың өлшеу құралдарының сенімділігін атап өткен жөн. Олар аурудың дамуын бақылау және уақыт өте келе емдеу тиімділігін бағалау үшін маңызды болып табылатын тұрақты және қайталанатын өлшемдерді қамтамасыз етеді.

Сонымен қатар, треморды өлшеу құралдары әдетте компам, портативті және клиникалық жағдайда да, ғылыми зертханаларда да қолдануға оңай. Бұл оларды әртүрлі жағдайларда қолдануға ыңғайлы етеді және зерттеу жүргізу кезінде икемділікті қамтамасыз етеді.

Треморды зерттеуге арналған өлшеу құралдарын әртүрлі жағдайларда және салаларда қолдануға болады, соның ішінде:

Клиникалық диагностика: треморды өлшеу құралдары неврологияда және басқа медициналық мамандықтарда пациенттердің шайқалу дәрежесін бағалау үшін қолданылады. Олар дифференциалды диагностикаға және сілкініс түрін анықтауға көмектеседі, сонымен қатар аурудың дамуын және емдеудің тиімділігін бақылайды.

Зерттеулер және клиникалық сынақтар: треморды өлшеу құралдары ғылыми зерттеулерде сілкініс механизмдерін, олардың әртүрлі аурулармен байланысын және емдеудің әсерін зерттеу үшін қолданылады. Олар жаңа дәрі-дәрмектердің немесе терапевтік тәсілдердің тиімділігін анықтауға көмектеседі.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- [1] Brodkey JA, Tasker RR, Hamani C et al. Tremor cells in the thalamus: differences among neurological disorders. J Neurosurg 2004; 101: 43–7.
- [2] Левин О.С. Тремор. справочник поликлинического врача. 2017; 4: 51–6.
/ Levin O.S. Tremor. Handbook for Practitioners Doctors. 2017; 4: 51–6. [in Russian]
- [3] <https://www.msdmanuals.com/ru/>
- [4] <http://mathenglish.ru/hht/davydov1.htm>
- [5] Иванова Е.О., Иванова-Смоленская И.А., Иллариошкин С.Н. Тремор: патогенез, особенности клинической картины, лечение. Неврологич. журн. 2013; 18 (5): 4–12. / Ivanova E.O., Ivanova-Smolenskaya I.A., Illarioshkin S.N. Tremor: patogenez, osobennosti klinicheskoy kartiny, lechenie. Nevrologich. zhurn. 2013; 18 (5): 4–12. [in Russian]
- [6] Deuschl G, Krack P. Tremors: differential diagnosis, neurophysiology, and pharmacolog. Parkinsons Disease and Movement Disorders. Ed. by J.Jankovic, E.Tolosa. Baltimore: Williams & Wilkins, 1998; p. 419–52
- [7] Deuschl G, Bain P, Brin M, Ad Hoc Scientific Committee. Consensus statement of the movement disorder society on tremor. Mov Dis 1998; 13 (Suppl. 3): 2–23.
- [8] <https://3d-diy.ru/wiki/arduino-datchiki/giroskop-i-akselerometr-gy521-mpu6050/>.
- [9] D. Howsmon and B. W. Bequette, “Hypo- and Hyperglycemic Alarms: Devices and Algorithms,” Journal of Diabetes Science and Technology, vol. 9, no. 5, pp. 1126–1137, Sep. 2015.
- [10] <https://studfile.net/preview/5082810/page:14/>

Қосымша А

MPU 6050 Bluetooth

```
#include <Adafruit_MPU6050.h>
#include <SoftwareSerial.h>
Adafruit_MPU6050 mpu;
SoftwareSerial mySerial(0, 1);
SoftwareSerial mySerial1(A4, A5);
void setup() {
  mySerial1.begin(115200);
  mySerial.begin(9600);
  // while (!Serial);
  mySerial1.println("MPU6050 OLED demo");
  if (!mpu.begin()) {
    mySerial1.println("Sensor init failed");
    while (1)
      yield();
  }
  mySerial1.println("Found a MPU-6050 sensor");
}
void loop() {
  sensors_event_t a, g, temp;
  mpu.getEvent(&a, &g, &temp);
  //Serial.print("Accelerometer ");
  //Serial.print("X: ");
  //Serial.print(a.acceleration.x, 1);
  //Serial.print(" m/s^2, ");
  //Serial.print("Y: ");
  //Serial.print(a.acceleration.y, 1);
  //Serial.print(" m/s^2, ");
  //Serial.print("Z: ");
  //Serial.print(a.acceleration.z, 1);
  //Serial.println(" m/s^2");

  //display.println("Accelerometer - m/s^2");
  //display.print(a.acceleration.x, 1);
  //display.print(", ");
```

```
//display.print(a.acceleration.y, 1);  
//display.print(" ");  
//display.print(a.acceleration.z, 1);  
//display.println("");  
  
mySerial1.print("Gyroscope ");  
mySerial1.print("X: ");  
mySerial1.print(g.gyro.x, 1);  
mySerial1.print(" rps, ");  
mySerial1.print("Y: ");  
mySerial1.print(g.gyro.y, 1);  
mySerial1.print(" rps, ");  
mySerial1.print("Z: ");  
mySerial1.print(g.gyro.z, 1);  
mySerial1.println(" rps");  
if (g.gyro.z+g.gyro.x+g.gyro.y>=2 )  
{  
    mySerial.println("Danger");  
}  
delay(500)
```

Қосымша Б

MPU 6050

```
// Basic demo for accelerometer readings from Adafruit MPU6050

#include <Adafruit_MPU6050.h>
#include <Adafruit_Sensor.h>
#include <Wire.h>

Adafruit_MPU6050 mpu;
void setup(void) {
  Serial.begin(115200);
  while (!Serial)
    delay(10); // will pause Zero, Leonardo, etc until serial console opens

  Serial.println("Adafruit MPU6050 test!");

  // Try to initialize!
  if (!mpu.begin()) {
    Serial.println("Failed to find MPU6050 chip");
    while (1) {
      delay(10);
    }
  }
  Serial.println("MPU6050 Found!");
  mpu.setAccelerometerRange(MPU6050_RANGE_8_G);
  Serial.print("Accelerometer range set to: ");
  switch (mpu.getAccelerometerRange()) {
    case MPU6050_RANGE_2_G:
      Serial.println("+2G");
      break;
    case MPU6050_RANGE_4_G:
      Serial.println("+4G");
      break;
    case MPU6050_RANGE_8_G:
      Serial.println("+8G");
      break;
    case MPU6050_RANGE_16_G:
      Serial.println("+16G");
      break;
  }
  mpu.setGyroRange(MPU6050_RANGE_500_DEG);
  Serial.print("Gyro range set to: ");
  switch (mpu.getGyroRange()) {
    case MPU6050_RANGE_250_DEG:
      Serial.println("+ 250 deg/s");
      break;
    case MPU6050_RANGE_500_DEG:
```

```

        Serial.println("+ 500 deg/s");
        break;
    case MPU6050_RANGE_1000_DEG:
        Serial.println("+ 1000 deg/s");
        break;
    case MPU6050_RANGE_2000_DEG:
        Serial.println("+ 2000 deg/s");
        break;
    }
    mpu.setFilterBandwidth(MPU6050_BAND_21_HZ);
    Serial.print("Filter bandwidth set to: ");
    switch (mpu.getFilterBandwidth()) {
    case MPU6050_BAND_260_HZ:
        Serial.println("260 Hz");
        break;
    case MPU6050_BAND_184_HZ:
        Serial.println("184 Hz");
        break;
    case MPU6050_BAND_94_HZ:
        Serial.println("94 Hz");
        break;
    case MPU6050_BAND_44_HZ:
        Serial.println("44 Hz");
        break;
    case MPU6050_BAND_21_HZ:
        Serial.println("21 Hz");
        break;
    case MPU6050_BAND_10_HZ:
        Serial.println("10 Hz");
        break;
    case MPU6050_BAND_5_HZ:
        Serial.println("5 Hz");
        break;
    }

    Serial.println("");
    delay(100);
}

void loop() {
    // Get new sensor events with the readings
    sensors_event_t a, g, temp;
    mpu.getEvent(&a, &g, &temp);

    // Print out the values
    Serial.print(a.acceleration.x);
    Serial.print(",");
    Serial.print(a.acceleration.y);
    Serial.print(",");
    Serial.print(a.acceleration.z);
    Serial.print(",");

```

```
Serial.print(g.gyro.x);  
Serial.print(",");  
Serial.print(g.gyro.y);  
Serial.print(",");  
Serial.print(g.gyro.z);  
Serial.println(",");  
  
// Wait a bit before printing again  
delay(100);  
}
```