

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Ә.Бүркітбаев атындағы Өнеркәсіптік инженерия институты

«Робототехника және автоматиканың техникалық құралдары» кафедрасы

Абдуллаев Әсет Абултахирұлы

Оптикалық 3D сканердің көмегімен күрделі беттерді өлшеу әдістері

дипломдық жобасына

ТҮСІНДІРМЕ ЖАЗБАСЫ

5B071600 - Аспап жасау мамандығы

Алматы 2019

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті


Ә.Бүркітбаев атындағы Өнеркәсіптік инженерия институты

«Робототехника және автоматиканың техникалық құралдары» кафедрасы

ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ

РТЖАТҚ кафедра меңгерушісі

т.ғ.к., Профессор

 Қ.А. Ожикенов

« 17 » 05 2019 ж.

дипломдық жобаның

ТҮСІНДІРМЕ ЖАЗБАСЫ

Тақырыбы: «Оптикалық 3D сканердің көмегімен күрделі беттерді өлшеу әдістері»

5B071600 - Аспап жасау мамандығы бойынша

Орындаған


Абдуллаев Ә.А.

Сын пікір беруші

Ғылыми жетекшісі

Т.ғ.д., Профессор

Т.ғ.к., Профессор ассистенті

 Жомартөв А.А.

 Тулешов Е.А.

« 17 » 05 2019 ж.

« 17 » 05 2019 ж.

Алматы 2019

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Ә.Бүркітбаев атындағы Өнеркәсіптік инженерия институты


«Роботтық техника және автоматиканың техникалық құралдары» кафедрасы

5B071600 - Аспап жасау

БЕКІТЕМІН

РТжАТҚ кафедра меңгерушісі

т.ғ.ж., профессор

 Қ.А.Ожикенов

« ____ » _____ 2019 ж.

Дипломдық жобаны орындауға

ТАПСЫРМА

Білім алушыға Абдуллаев Әсет Абутакирұлы

Жобаның тақырыбы: Оптикалық 3D сканердің көмегімен күрделі беттерді өлшеу әдістері

Университет Ректорының № 2018 жылғы «06 қараша» 1252 – б бұйрығымен бекітілген.

Орындалған жобаны өткізу мерзімі « ____ » _____ 2019 жыл

Дипломдық жобаның бастапқы мәліметтері: Оптикалық 3D сканердің көмегімен күрделі беттерді өлшеу әдістері болып табылады, функционалдық сұлбалары қарастырылды.

Есеп-түсініктеме жазбаның талқылауға берілген сұрақтарының тізімі мен қысқаша дипломдық жобаның мазмұны:

а) Негізгі бөлім, жалпы талдау жасау

б) Технологиялық бөлім, элементтерге жалпы мәлімет

в) Оптикалық лазерлік бастиектің жұмыс процесін модельдеу

г) Бағдарламалық бөлім

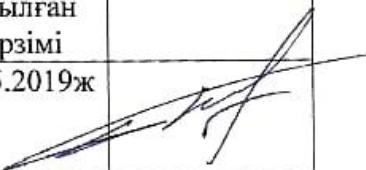
Графикалық материалдардың тізімі (міндетті түрде қажет сызбалар көрсетілген) 15 слайд

Ұсынылған негізгі әдебиеттер 22 әдебиеттер тізімі

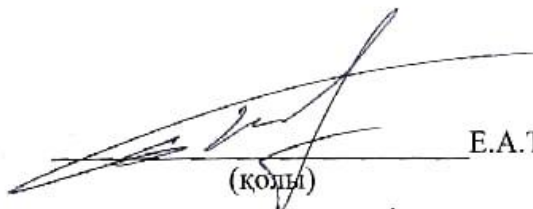
**Дипломдық жұмысты (жобаны) дайындау
КЕСТЕСІ**

Бөлімдер қарастырылатын сұрақтардың тізімі	атауы,	Ғылыми жетекшіге және кеңесшілерге көрсету мерзімі	Ескертулер
Негізгі бөлім		15.01 – 05.03.2019 ж.	Орындағандық
Технологиялық бөлім		06.03 – 10.04.2019ж.	Орындағандық
Құрылымдық бөлім		15.04 – 10.05.2019 ж.	Орындағандық

**Аяқталған дипломдық жұмыс (жобаға) және оған қатысты бөлімдерінің кеңесшілері мен қалып бақылаушының
ҚОЛТАҢБАЛАРЫ**

Бөлімдердің атауы	Ғылыми жетекші, кеңесшілер (аты-жөні, тегі, ғылыми дәрежесі, атағы)	Қолтанба қойылған мерзімі	Қолы
Қалып бақылаушы	Е.А.Тулешов, техника ғылымдарының профессор ассистенті	17.05.2019ж	

Ғылыми жетекшісі


(қолы)

Е.А.Тулешов

Тапсырманы орындауға алған білім алушы



Ә.А.Абдуллаев

(қолы)

Күні « 17 » 05 2019 ж.

МАЗМҰНЫ

КІРІСПЕ	11
1 Негізгі бөлім	12
1.1 металл кесуге арналған СББ станоктары	12
1.2 СББ станогын жасау	14
2 Техникалық бөлім	20
2.1 LA 03-500 сипаттамасы және анықтамасы	20
2.2 Дайындау процесі	21
2.3 Қажетті материалдар	22
2.5 Arduino Uno	24
2.6 Cnc shield v3.0	25
3 ОПТИКАЛЫҚ ЛАЗЕРЛІК БАСТИЕКТИҢ ЖҰМЫС ПРОЦЕСІН МОДЕЛЬДЕУ	28
3.1 Бастапқы моделін жасау	28
3.2 ANSYS бастапқы моделін есептеу	28
3.3 Модернизацияланған модельді құру	32
3.4 ANSYS-та модернизацияланған моделін есептеу	33
4 Бағдарламалық бөлім	35
4.1 Станоктың жұмыс аймағының параметрін анықтау	35
4.2 Модельдеу	36
4.3 Лазерлік станокты басқару үшін БҚ	36
4.4 Драйверлер мен прошивка орнату	37
4.5 Қадамдық қозғалтқыш коды	39
ҚОРЫТЫНДЫ	40
ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ	41
Қосымша А	42

КІРІСПЕ

3D сканерлеу функциясы триангуляциялық лазерлік 3D сканерлері белсенді сканерлерге жатады. Олар кеңістікті тексеру үшін лазер сәулесін пайдаланады. Сондай-ақ, триангуляциялық құрылғылар сканерлеу затына лазерлік сәуле жібереді және камераның көру өрісінің әр түрлі жерлерінде пайда болатын нүктенің орналасуын іздеу үшін камераны пайдаланады. Бұл технология триангуляция деп аталады, себебі лазерлік нүкте, камера және лазерлік сәулелену Үшбұрыш құрайды. Үш көрсеткіш үшбұрыштың пішіні мен өлшемін анықтайды. Біріншіден, бұл үшбұрыштың бір жағының ұзындығы белгілі — камера мен лазерлік сәулелендіру арасындағы қашықтық. Екіншіден, лазерлік сәуле шығарғыштың еңіс бұрышы да белгілі. Үшіншіден, камераның көлбеу бұрышы камераның шолу алаңында лазерлік нүктенің орналасуы бойынша анықталады. Көптеген жағдайларда деректерді алу процесін жеделдету үшін жалғыз лазерлік нүкте орнына лазерлік жолақ пайдаланылады.

Канаданың ұлттық ғылыми-зерттеу кеңесі (NRC) 1978 жылы триангуляциялық лазерлік сканерлеу технологиясының негізін әзірлеген алғашқы ғылыми институттардың бірі болды.

1 Негізгі бөлім

1.1 металл кесуге арналған СББ станоктары

СББ бар станоктар қандай болады: СББ бар жабдықтардың барлық үлгілері Орындалатын жұмыстардың сипаты, жан-жақты және дәлдік дәрежесі, шпиндельдің орналасуы және массасы бойынша жіктеледі. Станоктардың көп түрлілігі кезінде олардың кейбір тораптары бірдей болуы мүмкін. Мысалы, бір СББ жүйесі әртүрлі мақсаттағы станоктарды басқара алады. Тек контроллерлер жиынтығы ғана өзгереді.

Станок жабдығының басты сипаттамасы Орындалатын жұмыстардың сипаты болып табылады. Станоктар бар:

- фрезерлік;
- токарлық;
- бұрғылау;
- эрозиялық;
- металл кесу үшін және басқалар. Оператордың кезеңдік араласуынсыз жартылай автоматты нұсқалар жұмыс істей алмайды. Автоматтарда жұмысшы тек циклді қайталанатын операцияларға бақылау жасайды және дайын бөлшектің сапасын бақылайды. Қажет болған жағдайда баптауды реттейді.

СББ бар станоктарды жіктеу-сандық бағдарламалық басқарылатын станокты аспаптарды оларға тән белгілері бойынша топтастыру. Жіктеудің бірнеше түрі бар, олардың әрқайсысы жеке ерекшелікке сәйкес модельдерді бөлуге және біріктіруге бағытталған. Классификация міндеті пайдаланушыларға олардың мақсаттарын жүзеге асыру үшін қажетті жабдықты іздестіруді оңайлату болып табылады.

Классификация түрлері: сандық бағдарламалық басқарылатын станоктар өз ерекшелігі бар түрлі модельдердің жүздерімен ұсынылған. Оларды бөлу үшін бірыңғай жіктеу жоқ.

Жіктеме түрлері тәуелді ең маңызды факторлар болып табылады:

- орындалатын жұмыстың сипаты;
- дәлдік көрсеткіші;
- әмбебап дәрежесі;
- шпиндельді орналастыру;
- салмағы;
- өлшемдері;
- автоматтандыру деңгейі;
- мақсаты.

Өңдеу түрі: жіктеудің ең көп таралған түріне орындалатын жұмыстың сипаты бойынша бөлу жатады. Осы факторды ескере отырып, бөлу құрылғының не үшін қолданылатынына байланысты орындалады:

- токарлық жұмыстар;

- фрезерлеу;
- бұрғылау;
- тегістеу;
- жасауға дыр;
- парақтарды бұғу;
- координаттық-өсімдік жұмыстары.

Дәлдік көрсеткіші: сандық бағдарламалық басқару жүйесі бар агрегаттар өңдеудің жоғары дәлдігін қамтамасыз етеді. Бірақ бұл жағдайда да дәлдік көрсеткіші қандай модельге байланысты өзгереді. Дәлдік көрсеткіші үлгінің таңбалауында әріпті көрсетеді.

Отандық аспаптар үшін:

- Н-қалыпты;
- П-жоғары;
- В-жоғары;
- А-аса жоғары;
- С-ең жоғары.

Шетелдік аспаптар үшін:

- әдеттегі белгіленбейді;
- Н-жоғары;
- Р-прецизионды;
- SP-суперпрецизиялық;
- UP-ультрапрецизиялық.

Әмбебаптылық дәрежесі: ол аппараттың қаншалықты кең функциясының бар екенін көрсетеді. Бұл көрсеткіш пен оның ерекшеліктеріне жабдықтың қай салада қолданылуы мүмкін және не үшін байланысты. Станоктар үш түрі бар:

- әмбебап-дайындамаларды, әртүрлі формалар мен материалдарды өңдеу үшін;
- мамандандырылған-жалпы түрдегі бөлшектерді өңдеуге арналған;
- арнайы-нақты дайындаманы өңдеу үшін.

Шпиндельді орналастыру: аспапта шпиндель орналасуы мүмкін:

- көлденең;
- тік;
- көлбеу астында;
- аралас тәсілмен.

Салмағы: аспаптар төрт санатқа жатады:

- жеңіл-салмағы бір тоннаға дейін;
- орташа-салмағы он тоннаға дейін;
- ауыр — салмағы жүз тоннаға дейін;
- бірегей-салмағы жүз тоннадан астам.

Автоматтандыру: автоматтандыру дәрежесі бойынша станокты аспаптар болады:

- ішінара автономды;

- толығымен автономды.

1.2 СББ станогын жасау

Ағашты қайта өңдеу-бұл тек ағаш кесу ғана емес, жиһаз алу және ағаштан жасалған күрделі бұйымдарды алу, ондаған өңдеу кезеңдерінен өткен және толыққанды бұйым болды. Және бұл терең ағаш өңдеуге келгенде, өте қиын, ал кейде СББ жоқ станокта жұмыс істеу мүмкін емес.

СББ ағаштан басқа металл, пластик, оргшыныс, алюминий, аралас материалдарды өңдеуге жарамды болуы мүмкін. Мұндай машина фрезерлік гравироваль деп аталады. Сондай-ақ, мұндай станокты ағашты лазерлік күйдіру үшін де қолдануға болады, бәрі өңдеуге пайдаланылатын саптамаға байланысты болады.

Ағаш пен металды өңдеудегі айырмашылық корпусың қаттылығы, элементтердің сенімділігі мен элементтерді өңдеу технологиясының жұқа қабырғасы болып табылады.

Қазіргі таңда Қытайда жинақтауыштарға тапсырыс беру өте танымал, бірақ оларға арнайы дүкендерде немесе интернет ресурстарда тапсырыс беруге болады.

СББ жасау алдында нені анықтау керек:

- Өңдеу жоспарланған материалдар;
- Өңдеуге арналған бұйымдардың габариттері (болашақ бұйымдардың биіктігі, ені және ұзындығы). Машинаның өлшемдері X, Y, Z осьтері бойынша анықталады.;
- Бұйымдарды кейінгі өңдеу дәлдігі (параметр машина корпусын құрастыру дәлдігіне және тиісінше корпус материалына байланысты).

Қажетті материалдар

Мәселен, дайындау үшін келесі агрегаттар қажет:

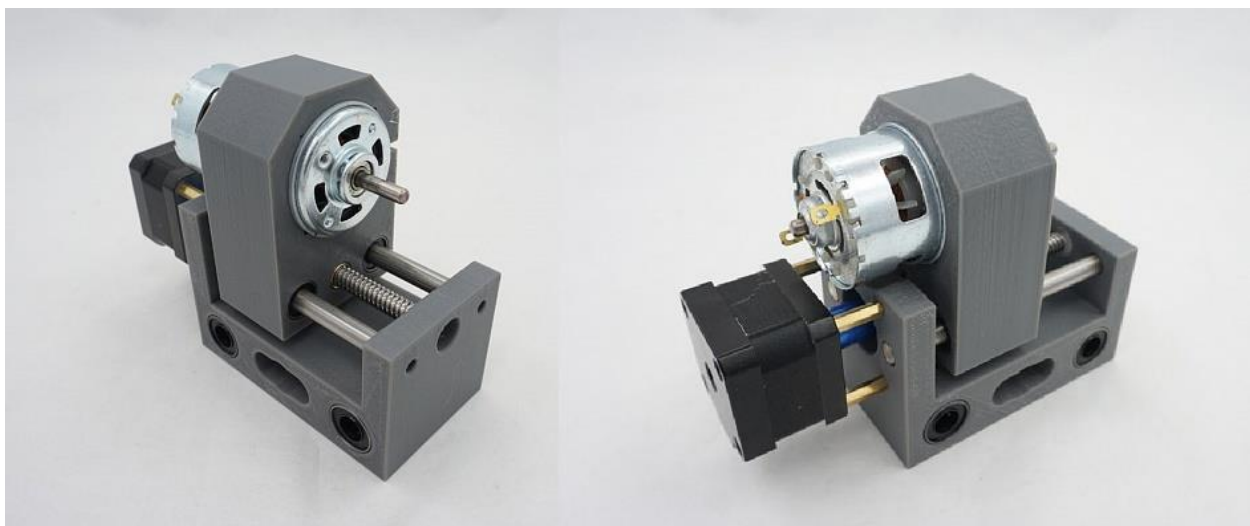
- Корпусты дайындауға арналған Материал. МДФ, ДСП, ағаш плиталарынан жасалған ағаш плиталарын қолдануға болады, ол ең берік және қатты болғандықтан, фанера қолдануға кеңес берер едім. Егер сіз әлі сенімді болсаңыз, металл конструкциясын жасау керек;
- Шпиндель. Ағаш өңдеу үшін 1,3-2 КВт қуаты бар. Егер машина әрбір 15 минут жұмыс істегіңіз келсе, онда шпиндельді сумен салқындату арқылы орнату керек;
- Жиілік, ол жиілікті түрлендіргіш, ол инвертор. Шпиндельдің қуаты сияқты қуаттылықпен таңдалады;
- Басқару ақысы;
- Қадамдық қозғалтқыштар-3 дана, біреуі біздің конструкцияны Y осі бойынша, екіншісі X осі бойынша, үшіншісі Z осі бойынша жылжытады.
- Кабель кабельді зақымданудан және сынудан қорғауға арналған арна, өйткені жабдықтар көп қозғалады;

- 15-20 метр Кабель, сызбада бәрін есептеу керек;
 - Шпindelьге арналған Цанга-фрезаға арналған басқа патрон;
 - Салқындату үшін Шланг;
 - Подшипниктер;
 - Бірқалыпты жүрісті беруге және қадамдық қозғалтқыштың теңдігін өтеуге арналған жұмсақ муфта;
 - Әрине, ағаш өңдеу үшін фрезалар;
 - Бұрандалар мен болттар;
 - Су помпасы.
- Сізге қажет құралдар:
Фрезерлік CNC үшін келесі құралдар қажет:
- Металл корпусы дайындауға арналған дәнекерлеу аппараты. Дәнекерлеу автомат артықшылығы;
 - Шпилькаларды шығару қажет, мүмкін, тағы бір токарлық жұмыстар. Сондықтан, ең дұрысы, жиынтықтарды жасау бойынша жұмыстарды орындау үшін токарлық станокқа қол жеткізу керек еді;
 - Болгарка немесе металл бойынша пышақ;
 - Бұрауыш;
 - Балға;
 - Дәнекерлеуші;
 - Қайшы;
 - Тістеуіктер және пассатиждер;
 - Изолента;
 - Супер желім;
 - Фумлента және герметик;
 - Құрастыруға арналған кілттер.

Баспа жиынтығына кергіш-бұрыш (2 дана), бұранданың ұстағышы X, бұранданың ұстағышы Y, Im8uu подшипниктерінің ұстағыштары (олардың имитациясы) 4 дана, гайка ұстағыштары Т8 кіреді.



1.3 Сурет – Im8uu подшипниктер ұстағыштары



1.4 Сурет – Lm8uu престелген подшипниктер

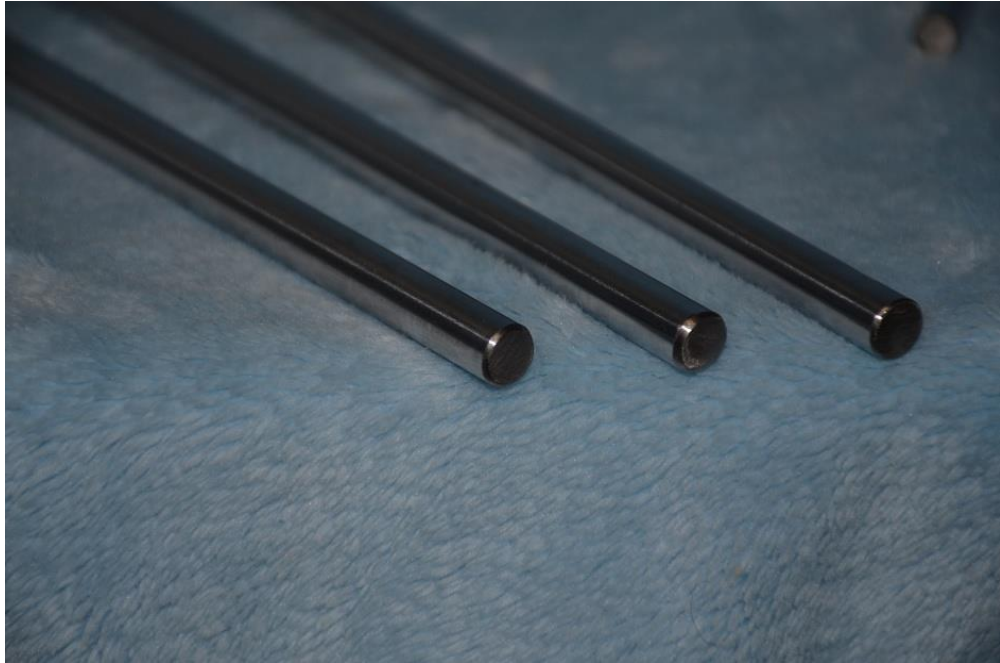
Ішінде lm8uu сығымдалған подшипниктер және бір жерде Т8 гайкасы бар. Біліктер бүйір жағынан бұрғыланған және бүйірлерінде бекітілген. Бір мезгілде конструкция үшін қосымша тірек болып табылады.

Linear Shaft (Rod). Optical Axis (жалтыратылған ось) әлі де бар. 16-20 мм-де sbr16 немесе SBR20 типті дөңгелек рельстерді қолданған дұрыс, себебі олар қолдауда. Түрлі диаметрлі біліктер, мысалы, Ultimaker (6-8-10 мм) принтерде қолданылады. Айтпақшы, 12 мм біліктер ZAV 3D принтерінің z осіне және осыған ұқсас болуы мүмкін.

Суретте 6 мм, 8 мм, 12 мм.



1.5 Сурет – Біліктер 6 мм, 8 мм, 12 мм



1.6 Сурет – Біліктер 8 мм



1.7 Сурет – Біліктер 5 мм-ден 12 мм-ге дейін және ұзындығы 300-600 мм-ге дейін

Жеке лоттар сәл арзан. Мен ұзындықты немесе өлшемге немесе әлдеқайда көп алуға тырысамыз.

Сонымен, дайын станокты құрастыру келесі ретпен жүргізіледі:

- Электр жабдықтарын төсеу мен қосуды ескере отырып, сызбаларды құру. Қолмен сурет салуға болады, бірақ мен Компас, Автокад немесе Визио сияқты бағдарламаларды ұсынар едім. Олар сызбаны түзету оңайырақ

болады, ал Визиода электр жабдықтары бойынша бірден дайын кітапханалар бар;

- Келесі қадам — жиынтықтарға тапсырыс беру;
- Жинақтаушылар келіп түскеннен кейін станинаны монтаждауға кірісуге болады Неліктен түскеннен кейін? Иә, қазірдің өзінде келген жиынтықтарды ескере отырып, станина жасау үшін;
- Шпиндельді монтаждау;
- Су салқындату жүйесін монтаждау. Бұл операция кезінде фумлента мен карапайым автомобиль герметик қолдануға тура келеді;
- Электр сымдарын қосу, авариялық тоқтату түймесін орнату;
- Басқару ақысын қосу (ол контроллер). Мұндай төлем ретінде KY-2012-5 Axis CNC Breakout Board for Stepper Motor Driver with DB25 Cable пайдалануға болады. Бұл интернет кеңістігінде табу қиын емес. Сондай-ақ, жиі arduino негізінде қолдан жасалған станоктарды кездестіруге болады;
- Бағдарламалық қамтамасыз ету орнату және сызбаларды жүктеу;
- Станокты орнату немесе "іске қосу" деп аталатын.

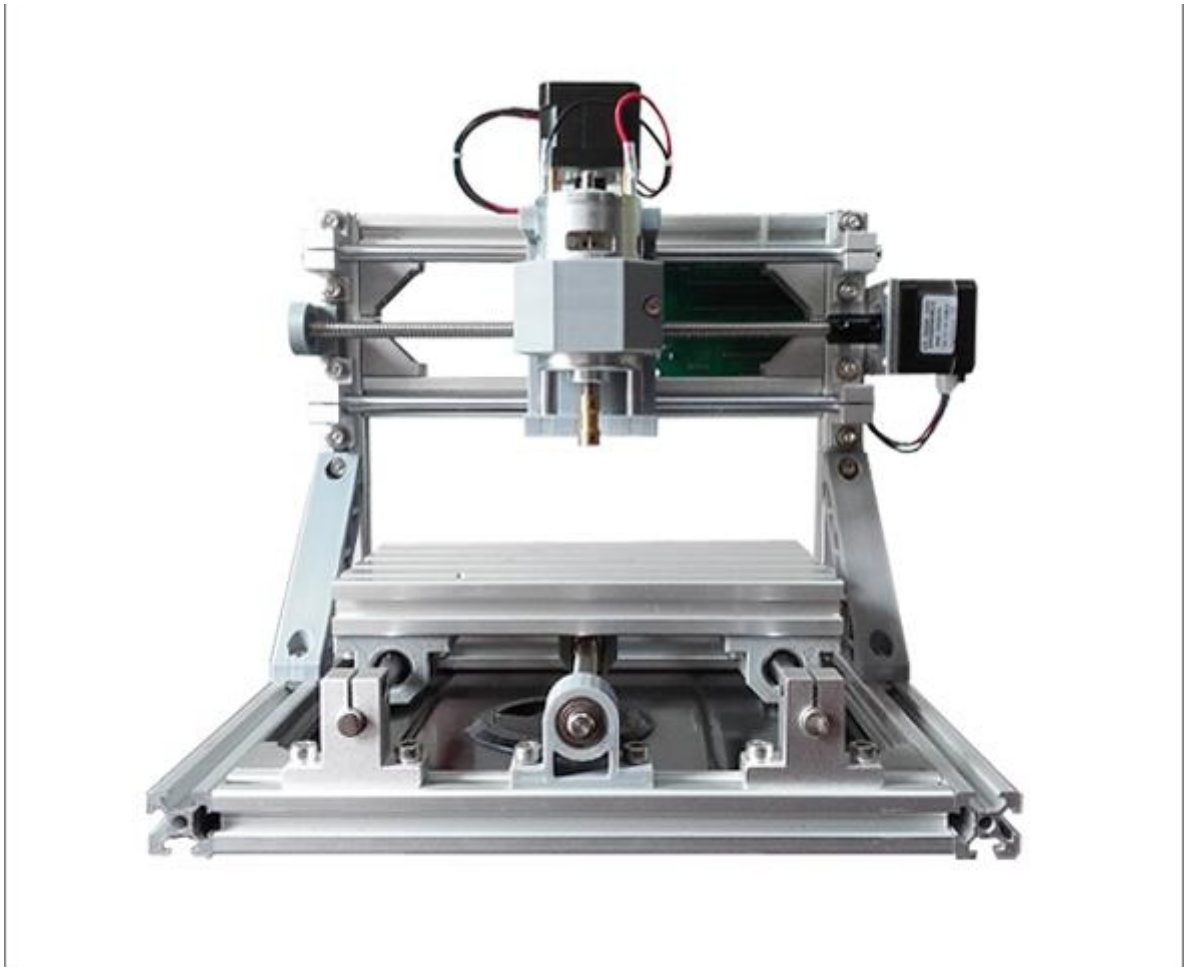
Сызбалар

Жоғарыда айтып өткенімдей, сызбаларды жасау кезінде өлшемдерден электр сымдарына дейінгі барлық жұқа сызықтарды салу қажет. Бұл станокты жобалауда қателер санын азайтуға мүмкіндік береді.

Конструкцияның қаттылығы және оның геометриясы туралы ұмытпаймыз. Станокты жұқа күйге келтіру үшін реттеулерді қалдыру өте маңызды:

- Бейне сияқты машинаның биіктігі;
- X және Y. осьтері бойынша
- Шпиндельді монтаждау
- Шпиндельді тек қаңқаны толық монтаждағаннан кейін орнатамыз. Монтаждау кезінде шпинделде биіктігі мен тігінен реттеу мүмкіндігін қалдыру қажет. Әйтпесе, егер шпиндель тігінен орнатылмаса, дұрыс бұрышты қоятын реттеу қажет.
- Қателері мен кемшіліктері
- Машинаны құрастыру барысында бірқатар проблемаларға тап болуы мүмкін, сондықтан тапсырыс беруге кіріспес бұрын және не іздеу керек екенін түсінуді, станоктың габариттерін, өңделетін бұйымдардың габариттерін анықтауды ұсынамын. Сондықтан қате нөмірі бір-әр бұранда, әр сымға дейін ұсақ бөлшектермен станоктың сызбасы құрылмайды.
- Келесі қате-шпиндель мен жиілікті дұрыс таңдау.

Әрине, тәжірибе жетіспеушілігі себебінен туындайтын қателер сызбаны мұқият ойлауға кеңес бере алады.



1.8 Сурет – СББ жалпы түрі

2 Техникалық бөлім

2.1 LA 03-500 сипаттамасы және анықтамасы

LA 03-500 - бұл қуаты 500 мВт болатын оптикалық лазерлік модульді тұрақты шығыс қуаты және ұзақ қызмет ету мерзімі бар шағын-гравировка

2.1-кестеде көрсеткен ерекшелікке моделі лазердің LA03-500

2.1 кесте – Спецификациясы.

маркасы	EleksMaker
Моделі	LA03-500
Радиатор материалы	aircraft aluminum
Шығыстағы қуаты	450-500mw
Толқын ұзындығы	405nm(Violet Laser)
Кернеу	DC 12V
Ағымдық	700mA
Сәуле формасы	dot(focusable)
Ұзақтылығы	6000 hours
Жұмыс істеу температурасы	-40-75°C
Кабель ұзындығы	1.1m(43.31")
Өлшемдері	67x33x33mm

LA 03-500 лазерлік моделінің ерекшеліктері:

- 450-500 мВт күлгін лазерді фокустау модулі.
- Салқындату желдеткіші бар алюминий радиаторы ұзақ жұмыс уақытын қамтамасыз етеді.
- Ою станогын өнеркәсіптік пайдалану үшін қолайлы тұрақты шығыс оптикалық қуатын қамтамасыз ететін тұрақты ток платасымен жабдықталған.

Ескерту:

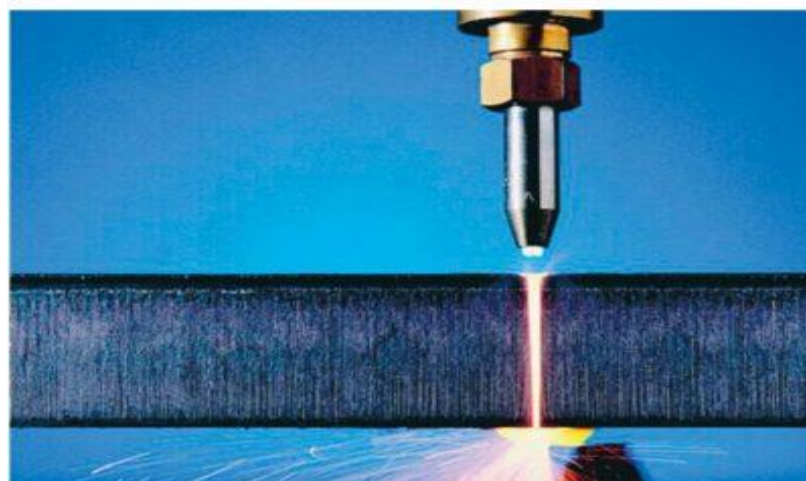
- Лазерлік кесу кезінде лазерлік көзілдірік кию керек.
- Лазерлік муфта оңай зақымданады.



2.1 Сурет – LA03-500

2.2 Дайындау процесі

Көптеген шеберлер қолданылмайтын құрал-жабдықтардан жаңа нәрсе жасайды, соның ішінде қолдан жасалған металл кесу лазерлік станоктар. Үлкен қуатқа қол жеткізу мүмкін емес болса да, функционалды тұрмыстық пайдалану үшін жеткілікті. Оны арттыру кейбір қолда бар құралдарды пайдалануға мүмкіндік береді.



2.2 Сурет – Күйдіру процесі

Шебер лазерлік кескіштерді өз қолымен жасайды. Тұрмыста тек қана 1-3 см металға кесілетін қуаты бар қатты кескіш жасауға болады. Лазер жарықдиодты жабдықтарда пайдаланылатын кристалдар мен арнайы әйнектер есебінен жұмыс істейді.

2.3 Қажетті материалдар



2.3 сурет – Лазер

Басты элемент-лазер

Лазерден басқа қажетті құрал-жабдықтар:

- батареялардағы фонарик;
- лазерлік көрсеткіш;
- дәнекерлегіш;
- слесарлық құралдар.

Егер қуатты құрал қажет болса, драйверді жасау үшін қосымша элементтер қажет:

- резисторлар 2-5 Ом;
- екі конденсатор (сыйымдылығы 100 пФ және 100 мФ);
- коллиматор (сәулелерін шоғырға жинаушы);
- жарықдиодты шам (корпусы металл болуы тиіс);
- мультиметр.

Егер батарея мен Шам арасында драйвер болмаса, ол жанып кетуі мүмкін. 60 Вт лазерлік диодты қолдануға болатын болса, тағы да үлкен қуат алуға болады.

Мұндай Металл Лазерлік кесу станогы өз қолдарымен рамаға орнату керек, бақылау үшін арнайы бағдарламамен жабдықталған компьютерді пайдалану керек. Сондықтан лазерден басқа қажет:

- барлық элементтерді сыйдыратын корпус;
- кадамдық қозғалтқыштар ;
- электр моторларын басқаратын платалар мен транзисторлар;
- сәуле шығарғышта кернеуді бақылайтын реттеуші;
- тісті белдіктер мен оларға арналған шкивтер;
- кронштейндер жасауға арналған табақ Болат;
- шарикопошлипниктер, тартқыштар, гайкалар, болттар, бұрандалар, қамыттар;
- сақиналы ажыратқыштар;
- контроллер және оны компьютермен қосатын USB-кабель және дисплеймен төлем;
- салқындату жүйесі;
- металдан жасалған тақталар мен өзектер.

Тақтайлардан рама жасалады, металл өзектер бағыттаушы рөл атқарады.

2.4 Дайындау процесі

Кескішті құрастырар алдында ол неден қоректенетінін, диодты қайда жөндейтін және токтарды қалай үлестіретіндігін анықтау қажет.

Керек абайлаңыз бөлшектеп меңзерді ауыстырылсын диод лампочкой. Бекіту үшін желімді пайдалану жақсы. Шамның көзі тесіктің ортасында орналасуы маңызды.

Кескіштің қуаты жеткіліксіз, оны шамға арналған батареялардың көмегімен арттырады. Ол үшін шамның төменгі бөлігі дисководтың шамы орналасқан белгінің бөлігімен біріктіріледі. Фонариктен шыны жойылады, шам полярлықты сақтай отырып қосылады.

Металды кесу үшін лазерді жасау кезінде резистор элементтері батареяларға тізбекті схема бойынша қосылады. Полярлықты анықтау кезінде дәлдік қажет. Ток күшін өзгерту үшін диодқа 300 мА-ден 500 мА-ға дейін көрсеткішті реттеуге мүмкіндік беретін мультиметр қосылады.

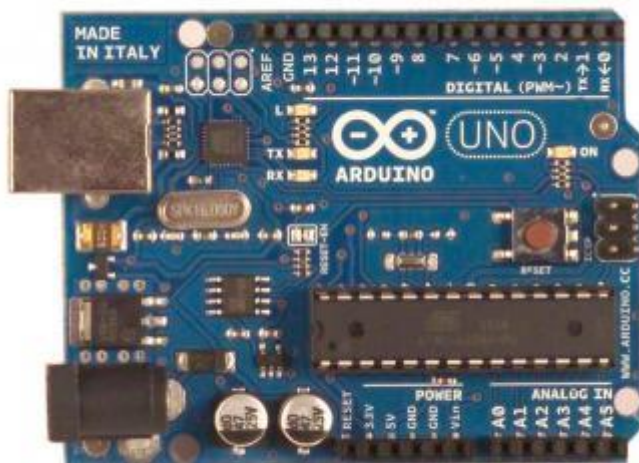
Қолмен лазерлік металл кесу құрылғысының корпусы сондай-ақ металл шам бола алады.

Корпусты монтаждағаннан кейін ең қуатты нұсқа үшін тақтайлардан өзектер орнатылады. Оларды алдын ала тегістейді және құрамында литий бар құраммен майлайды.

Қадамдық электр моторларын монтаждау үшін тік бұрышқа бүгілген табақты болаттан жасалған кронштейндер қажет. Өздігінен табақ пен қозғалтқышты бекіту үшін 6 тесік қажет. Кронштейндер екі шкивтен жасалған жетекті бекіту үшін де жасалуы керек. Сондай-ақ Профильді бекіту және біліктің шығу үшін тесіктер қажет, содан кейін белдіктер үшін шкивтер отырғызылады.

2.5 Arduino Uno

Бұл жобада біз Arduino Uno платформасын пайдаландық. 2.1 кесте – басқару жүйесінің жұмыс істеу принципі, жұмыс істеу үшін платформаны компьютерге USB кабелі арқылы қосу немесе AC/DC адаптерінің немесе батареяның көмегімен қорек беру қажет. Жаңа Ардуино Uno ATmega8U2 микроконтроллерін пайдаланады



2.4 Сурет – Arduino Uno

2.1 Кесте - UNO негізгі параметрлері

Микроконтроллер	Atmega328
Жұмыс істеу кернеуі	5 В
Кіріс кернеуі	7 – 12 В
Негізгі кіріс кернеуі	6 – 20 В
Сандық кіріс/шығыстары	14
Аналогтік кірістері	6
Кіріс/шығысындағы тұрақты ток	40 мА
3,3В үшін тұрақты ток	50 мА
Флеш – жады	32Кб , из которых 0,5 Кб используются для загрузчика
ОЗУ	2 Кб (Ф)
EEPROM	1 Кб
Тактілік жиілік	16 МГц

Arduino Uno USB байланысы немесе сыртқы қуат көзі арқылы қуат алады. Қуат көзі автоматты түрде таңдалады. Сыртқы қуат (USB емес) AC/DC кернеу түрлендіргіші (қуат блогы) немесе аккумуляторлық батарея арқылы берілуі мүмкін. Кернеу түрлендіргіш орталық оң полюсті 2.1 мм коннекторы арқылы қосылады. Батареядан сымдар GND және Vin қуат қосқышы шығыстарына қосылады. Платформа сыртқы тамақтану кезінде 6 В-дан 20 В-ға дейін жұмыс істей алады. Қорек кернеуі 7 В төмен болғанда, 5V шығару 5 В кем

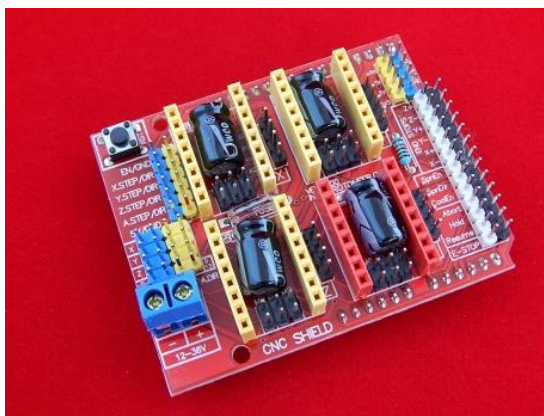
бере алады, бұл ретте платформа тұрақсыз жұмыс істей алады. 12 В жоғары кернеуді пайдалану кезінде кернеу реттегіші қызып, ақыға зақым келтіруі мүмкін. Ұсынылған диапазон 7 В бастап 12 В дейін.

Қорек көзі:

- VIN кіріс сыртқы көзден қуат беру үшін пайдаланылады (USB қосқышынан немесе басқа реттелетін қуат көзінен 5 В болмаса). Қуат кернеуін беру осы шығару арқылы жүзеге асырылады.
- 5V бұл микроконтроллер мен платадағы компоненттерді қоректендіру үшін пайдаланылатын реттелетін кернеу көзі. Қуат VIN шығысынан кернеу реттегіші немесе USB қосқышы арқылы берілуі мүмкін.
- 3V шығыстағы кернеу 3.3 в генерацияланатын кірістірілген реттеуіш платада. Максималды ток тұтыну 50 мА.
- GND жерге қосу.

2.6 Cnc shield v3.0

Сондай-ақ CNC shield v3 тақтасын пайдаландық. Arduino UNO CNC Shield v3 кеңейту платасы. Arduino UNO контроллері негізінде сандық бағдарламалық басқару станоктарын, 3D принтерлерді, гравировка немесе Фрезер машинасын жасау үшін қолданылады. Arduino UNO және Arduino GRBL бағдарламалық қамтамасыз ету арқылы қозғалтқыштар драйверлерімен жұмыс істей алады. Бағдарламалық қамтамасыз ету G-кодтардың көмегімен ақпарат алмасады.



2.5 сурет - Cnc shield v3.0

CNC Shield ver платасын пайдаланар алдында. 3.0 компьютер Arduino GRBL бағдарламалық құралын орнату керек. Енді CNC Shield ver жұмысына дайындау керек. 3.0. Ол үшін бізге джамперлер қажет. CNC Shield ver. 3.0 төрт слота бар, әрбір 16 контактілер, төрт қозғалтқыш драйверлерін қосу үшін. Төрт қадамды қозғалтқышты қосу үшін әрбір слоттың жанында төрт GND, STEP, DIR, VCC контактісінен тұратын қалып бар. Қозғалтқыш драйверін қосу үшін әрбір слоттың жанында қозғалтқыш қадамын басқару үшін алты панадан тұратын

калып бар. Бұл қалыптар суретте қызыл түспен көрсетілген. Пиналарды жұптарға біріктіруге болады. Пин жұптарын белгілеу M0, M1, M2.

CNC Shield v3 кеңейту мүмкіндігі. Arduino UNO үшін CNC машиналары (CNC станоктары):

- 3D принтер (хотэнд пен үстелді қыздыру үшін реле қажет);
- Гравировка роутер;
- Фрезерлік роутер;
- Лазерлік роутер.

Плата сипаттамасы:

- Үлгі-CNC Shield version 3.0;
- Өлшемі-Arduino UNO және басқа үйлесімді төлем;
- Осьтер саны - 4 (X, Y, Z, A);
- Логикалық бөліктің қуат кернеуі-5 В;
- Қуат бөлігінің қуат кернеуі-12-36 В;
- Драйверлер-A4988 немесе DRV8825 және басқалар;
- Интерфейстер-UART, I2C;
- Тігу-Arduino GRBL;
- Өлшемдері-65 x 55 x 20 мм;
- Салмағы - 32 г.

CNC Shield жұмыс істеу үшін қажет:

- Драйверлерді сары слоттарға салыңыз. A4988 драйверлері немесе DRV8825
- Қадамдық қозғалтқыштардың токтарына сәйкес қозғалтқыштардың токтарын теңшеу (драйвердегі реттеуіш және вольтметр);
- Кестеге сәйкес драйвердің жұмыс режимін анықтау үшін M0, M1, M2 қызыл контактілерге жеткізу жиынтығына кіретін тосқауылдарды орнату;
- USB ДК қосу және GRBL тігісін құю.

E-STOP	Resume	Hold	Abort	CoolEn	SpnDir	SpnEn	END STOPS					
							X-	X+	Y-	Y+	Z-	Z+
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

2.6 сурет – Қосу түймелері

- E-STOP-барлық процесті авариялық тоқтату түймесі;
- Abort-бастапқы позицияға оралу түймесі;
- Hold-үзіліс;
- Resume – жалғастыру түймесі;
- X+ X-Y + Y-Z + Z - - X, Y, Z осьтерін авариялық тоқтату түймесі;
- SpnEn-шпиндельді қосу;

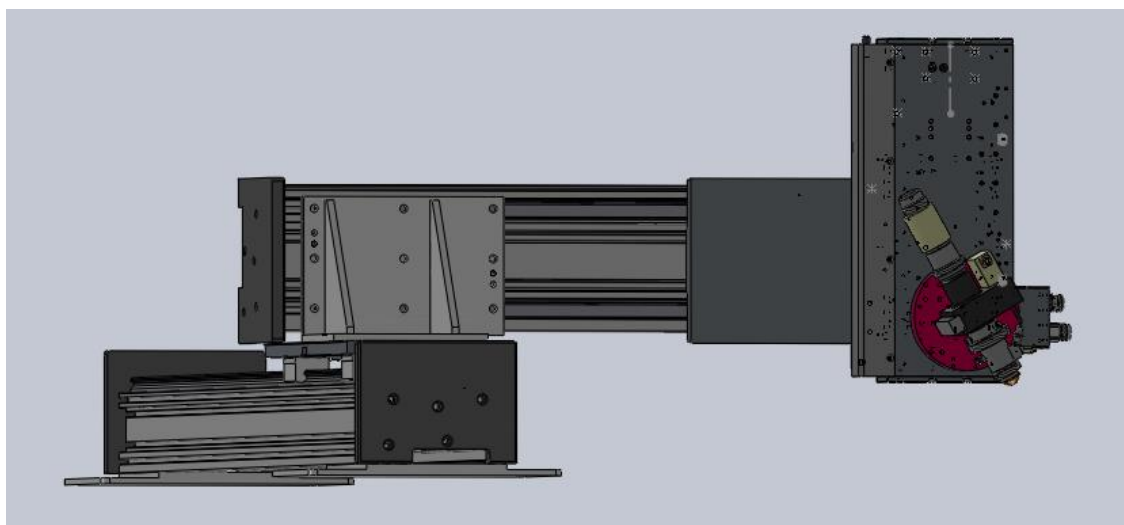
- Span Dir – шпиндель бағыты;
- CoolEn – салқындатуды қосу.

3 ОПТИКАЛЬК ЛАЗЕРЛІК БАСТИЕКТИҢ ЖҰМЫС ПРОЦЕСІН МОДЕЛЬДЕУ

3.1 Бастапқы моделін жасау

Оптикалық лазерлік бас жұмысының көрнекі мысалын алу үшін SolidWorks 2009 бағдарламасында лазерлік бас бекітілген координаттық осьтерді үлгілейміз. Алынған модельді ANSYS Workbench бағдарламалық пакетінде есептейміз.

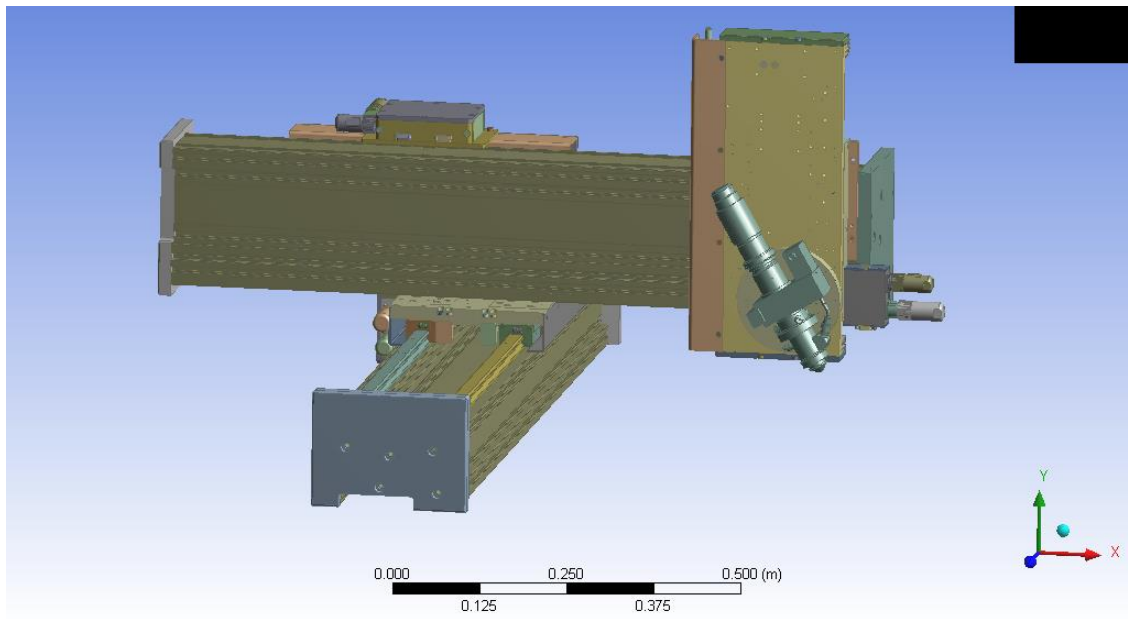
SolidWorks-да моделін құру 2009. 3.1 суретте алынған модель бейнеленген.



3.1 Сурет – Есептеу моделі

3.2 ANSYS бастапқы моделін есептеу

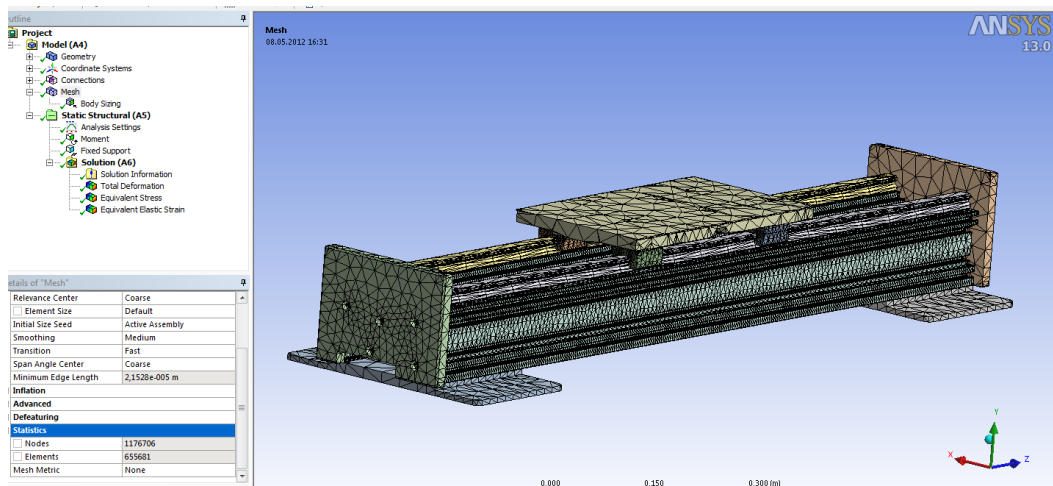
Жасалған модель SolidWorks жобалау жұмыстарын автоматтандыру жүйесінің көмегімен ANSYS Workbench бағдарламасына импорттаймыз.



3.2 Сурет – Импортуланған модель

3.2 суретте құрылыстың бастапқы моделі бейнеленген. Әр координаттық осьті жеке есептейміз және есеп нәтижелерін қарастырамыз. Осы есептеулерге сүйене отырып, орын ауыстыруды азайту үшін біздің құрылымымызды жаңғыртатын боламыз.

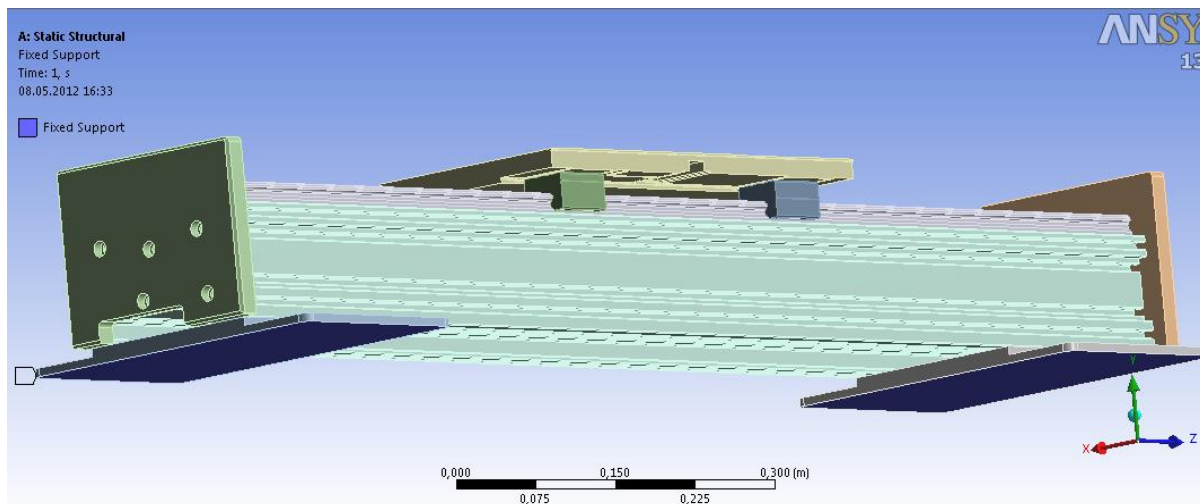
Алдымен төменгі координаттық осьті есептейміз. Әрине, бағдарламалық жүйеге импорттаймыз-ANSYS Workbench элементтік талдау және торға бөлшектейміз (3.3 сурет).



3.3 Сурет – Қорытынды-элементтік модель

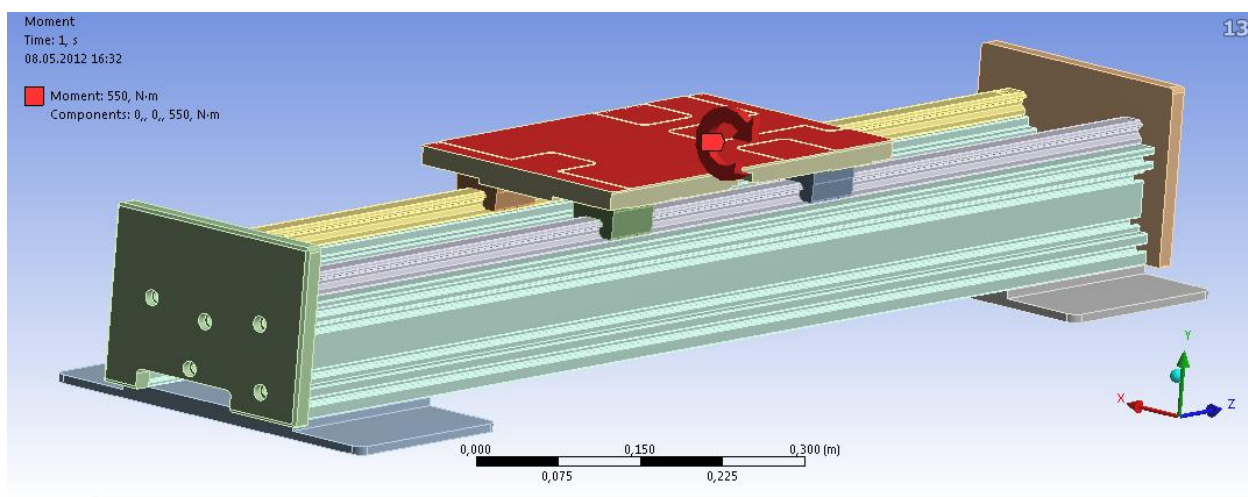
Бұл суретте координаталық осьтің торға бөлінуі бейнеленген. Суретте көріп отырғанымыздай, біз 1176706 түйін және 655681 элементті алдық.

Бұдан әрі біз тірек бойынша координаталық осьті бекітеміз (3.4 сурет) біздің координаттық ось орналасқан.



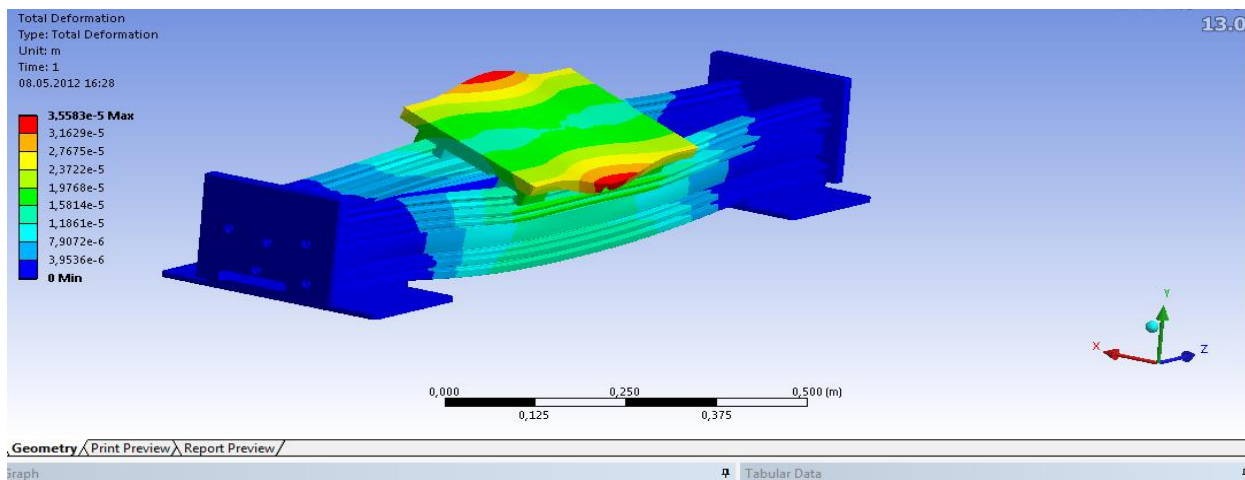
3.4 Сурет – Үлгіні бекіту

Есептеу үшін нүктені қосамыз (3.5 сурет) біздің координаталық осьте пайда болатын момент 550 Н*м тең.

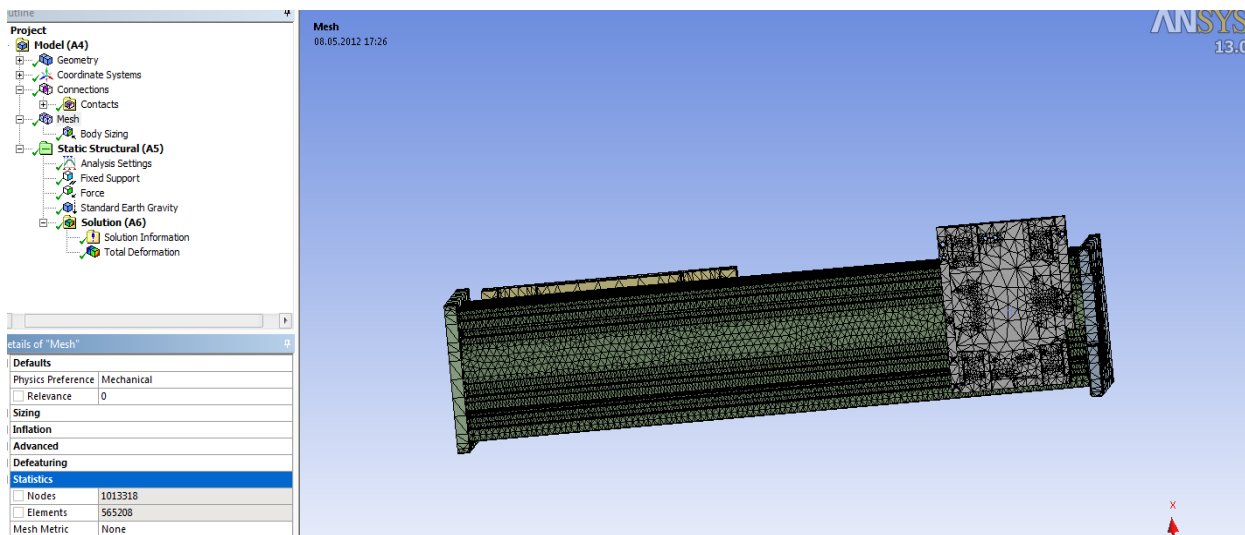


3.5 Сурет – Модельге моменттік қосымшалар

Біздің модель есептеу үшін дайын. Енді есептеп және келесі мәндерді аламыз (3.6 сурет).

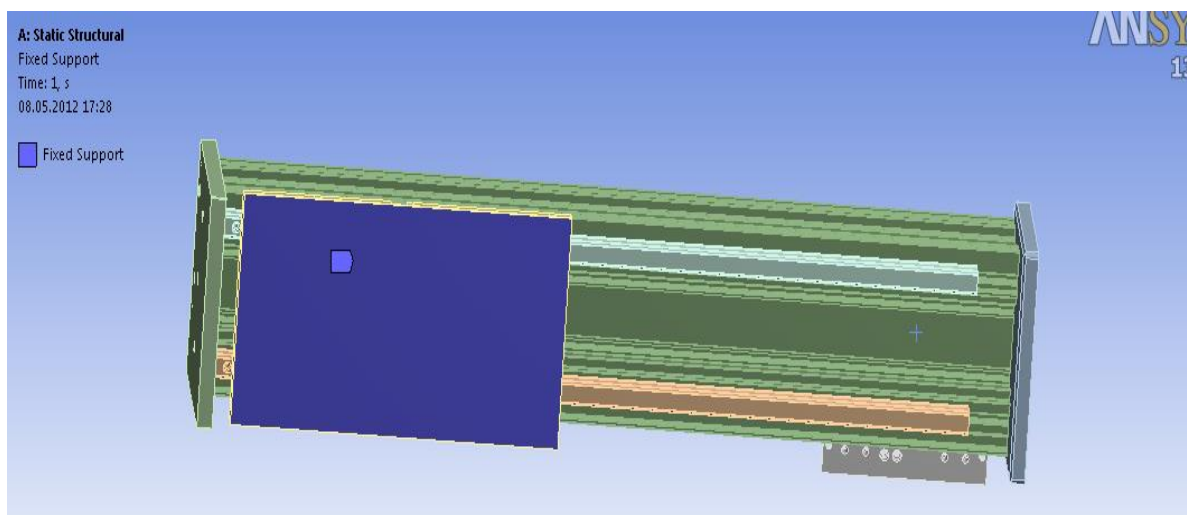


3.6 Сурет – Есептеу нәтижелері

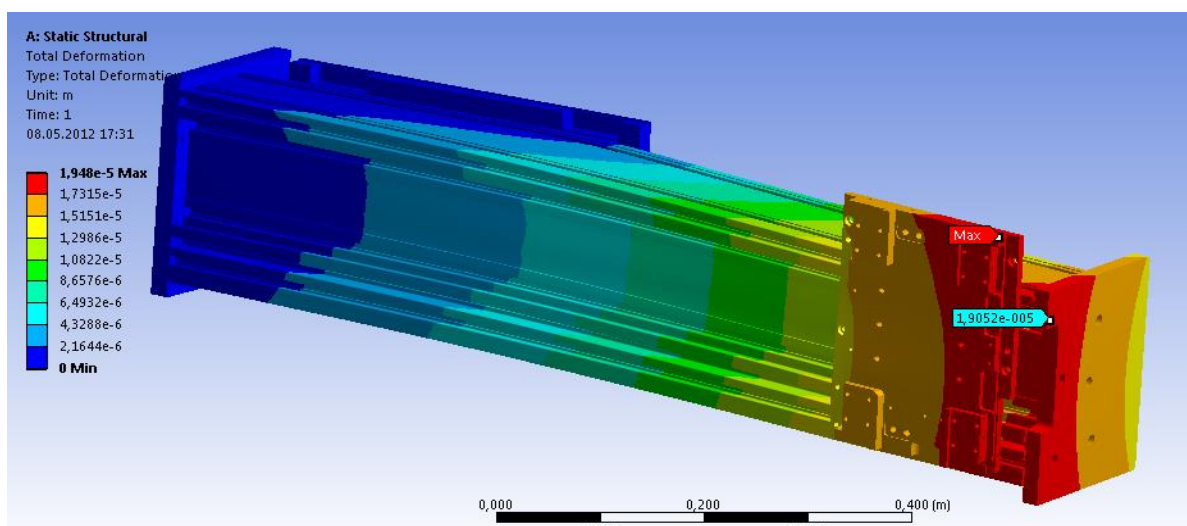


3.7 Сурет – Қорытынды-элементтік модель

Енді жоғарғы координаттық осьті есептейміз.



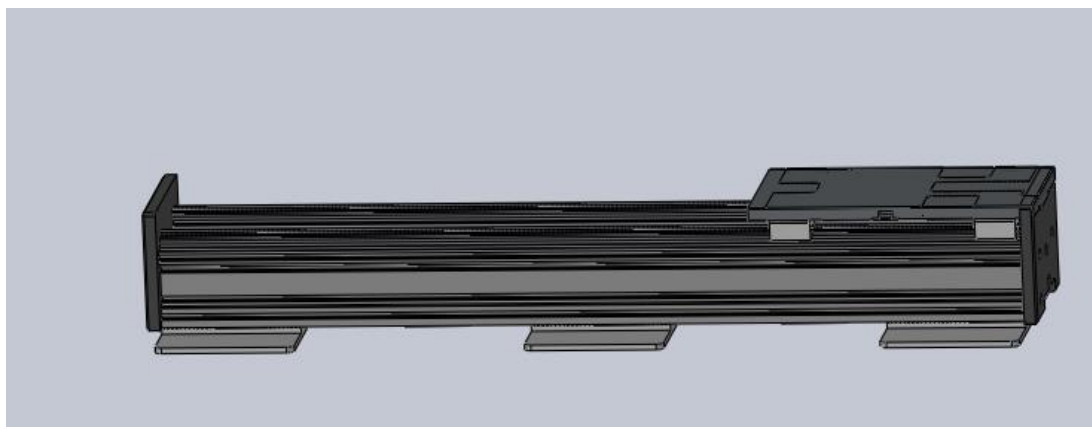
3.8 Сурет – Модельді бекіту



3.9 Сурет – Есептелген модель

3.3 Модернизацияланған модельді құру

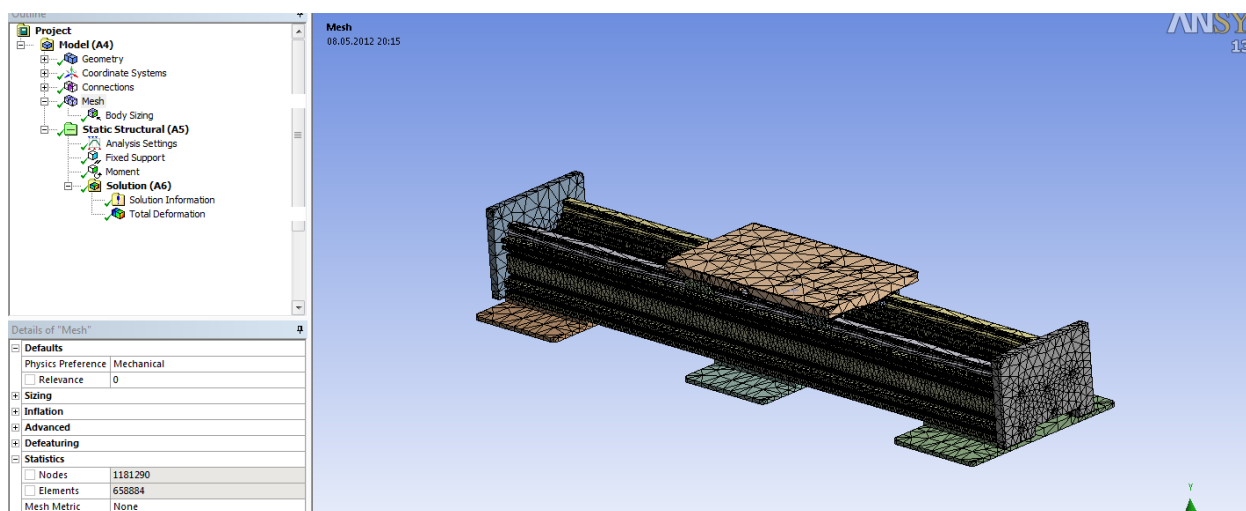
Модель SolidWorks-да 2009 құрамыз. 3.10 суретте алынған модель бейнеленген. Модернизациялау үшін біз төменгі координаталық осьтің ортасына қосымша тіректі қосып, екі миллиметрге біздің құрылымның қалыңдығын жасадық.



3.10 сурет – Модернизацияланған модель

3.4 ANSYS-та модернизацияланған моделін есептеу

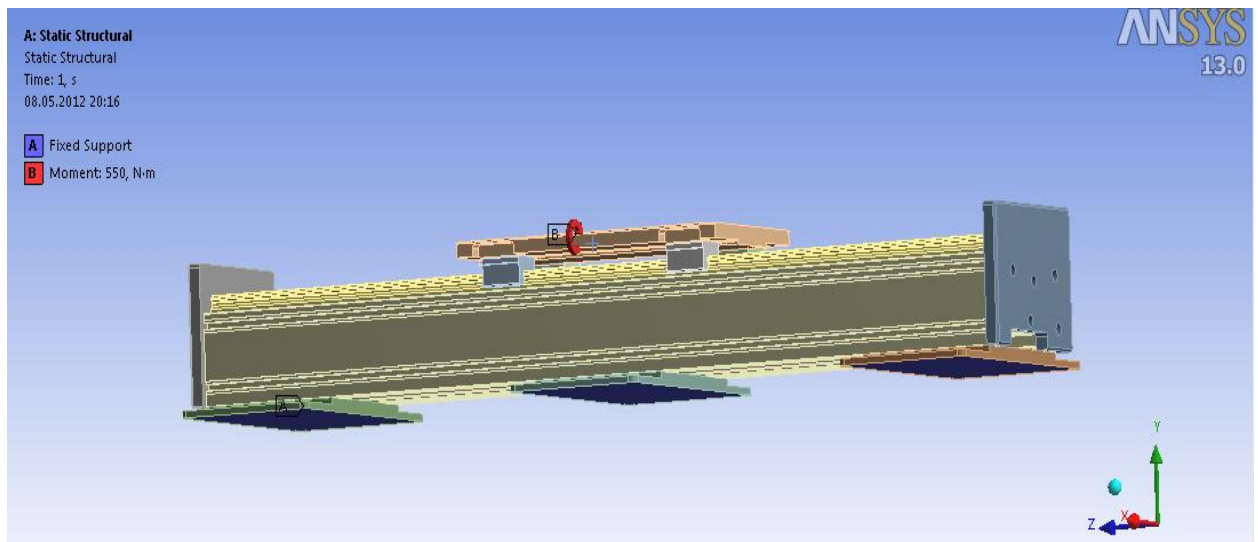
Жасалған модель (3.11 сурет) SolidWorks жобалау жұмыстарын автоматтандыру жүйесінің көмегімен ANSYS Workbench бағдарламасына импорттаймыз. Жаңартылған координаттық осьті есептейміз. Сонымен қатар, бағдарламалық жүйеге импорттаймыз-ANSYS Workbench элементтік талдаймыз және торға бөлшектейміз (3.11 сурет).



3.11 Сурет – Қорытынды элементтік модель

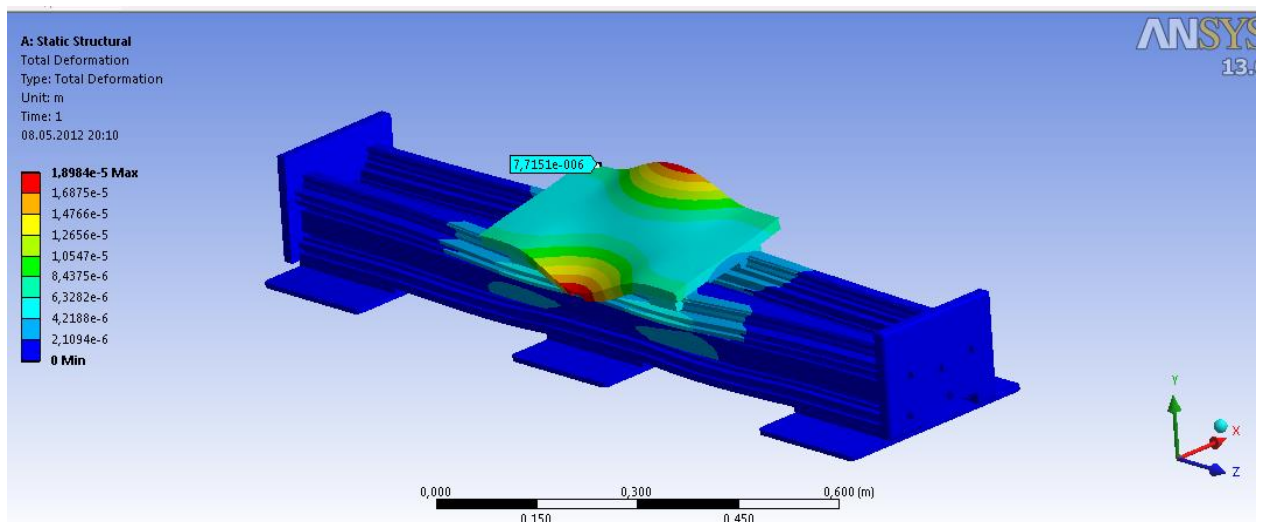
Бұл суретте координаталық осьтің торға бөлінуі бейнеленген. Суретте біз 1181290 түйін және 658884 элементті алдық.

Бұдан әрі біз тірек бойынша координаталық осьті бекітеміз (3.12 сурет), онда біздің модель орналасқан және 550 Н*м тең моментті қосамыз.



3.12 Сурет – Есептеу моделі

Біздің модель есептеу үшін дайын. Есептейміз және келесі мәндерді аламыз (3.13 сурет).



3.13 Сурет – Есептелген модель

3.13 Суретте есептеу нәтижелері берілген. Суреттен көретініміз, мах өткізу туындайды бойынша екі жақ тараптарға қатысты. Олар 0.018984 мм тең.

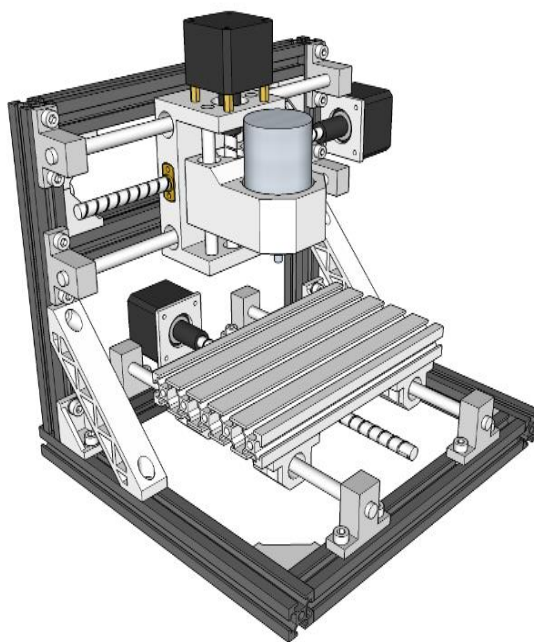
4 Бағдарламалық бөлім

4.1 Станоктың жұмыс аймағының параметрін анықтау

Жобаланатын станоктың жұмыс аймағының параметрлері тапсырыстарды орындау кезінде шағын кәсіпорындардың қажеттілігін қанағаттандыруы тиіс, яғни шағын кәсіпорын келіп түсетін тапсырыстардың көлемі жартысынан көбі станоктың жұмыс аймағына орналастырылуы тиіс және жобаланатын станокта Материалдарды өңдеу мүмкіндігі болуы тиіс. Өңделетін материалдардың орташа статистикалық өлшемдері ұзындығы мен ені бойынша 240x180 мм, ал биіктігі бойынша 50 мм аспайды. Станоктың жұмыс аймағы осы мәндерге тең немесе одан көп болуы керек.

Енді жұмыс аймағының көлемін анықтаймыз. Фрезерлеу және гравировка негізгі функциясынан бастайық. Біз көтерме арқалықтары жоқ шағын кәсіпорындарға бағытталғандықтан, материалдың салмағы екі-төрт адам бір метр биіктікке көтере алмайтын салмақтан аспауы тиіс. Егер осы станокта өңделетін ең ауыр алюминий алынса, онда 260x180 мм мөлшерінде алюминий профилінің парағы 4 кг салмақ болады.

Сондықтан бастапқы станок үшін жұмыс аймағының өлшемі ені мен ұзындығы 260x200 мм.



4.1 Сурет – Станоктың жұмыс істеу аймағы

Біз лазерлік кесу функциясы бар, онда біз Z осі бойынша елеулі кеңістік қажет. егер орташа статистикалық 3D принтерлер үшін Z осі бойынша өлшемі конструкцияпортальды және Vox 100-50 мм және 3D принтерлер үшін, Дельта

конструкциясы 100-200, онда біз тағы 50 мм-ді таңдаймыз. және тиісті кесу құралын таңдаймыз.

4.2 Модельдеу

Лазерлік жабдық тегіс объектілермен жұмыс істейді, сондықтан болашақ бұйымдарды компьютерлік модельдеу үшін осындай бағдарламалар жеткілікті:

- CorelDraw-көптеген жанкүйерлер бар бағдарламалық пакет, түсінікті интерфейс, көптеген құралдар мен шаблондар бар, векторлық және растрлық бейнелермен жұмыс істейді. Суреттерді көптеген форматтарда сақтайды, соның ішінде .cdr-лазерлік станокқа түсінікті G-кодты одан әрі жасау үшін қажетті пішім.
- Adobe Illustrator-лазерлік кесу эскиздерін жасау үшін өте қолайлы танымал кәсіби графикалық редактор. Векторлық графикамен жұмыс істейді, дайын Эскиздердің, шаблондардың, қаріптердің, стильдердің, символдардың және т. б. бай кітапханасы бар.
- LibreCAD-сызу және 2D-жобалау үшін кең шеңберде танымалдылығы аз. Қарапайым интерфейс минимум параметрлері, қолдау .dxf, "артқа қадам" функциясы, көптеген опциялар мен құралдар – бұл сипаттамалар лазерлік кесу үшін компьютерлік модельдерді жасау үшін жеткілікті.

Сондай ақ, эскиздерді үш өлшемді модельдермен жұмыс істейтін бағдарламаларда да жасауға болады, сондықтан пайдаланушы тек SolidWorks-пен таныс болса, лазер станогымен жұмыс істеу үшін CorelDraw-ны зерттеудің қажеті жоқ. 3D-жобалау үшін барлық белгілі бағдарламалық пакеттер (SolidWorks, AutoCAD, ArtCAM, MasterCAM, 3ds Max, КОМПАС-3D және т. б.) тегіс Формамен жұмыс істеуге жарамды, бірақ модельді түзетуге дайын болу керек - көбінесе көлемді модельді тегіс форматқа экспорттау кезінде жыртылған немесе қайталанған желілер мен т. б. түрінде проблемалар туындайды. Бұл жағдайда CorelDraw білуі эскизді ретке келтіру үшін қажет.

4.3 Лазерлік станокты басқару үшін БҚ

Лазерлік жабдықты басқару үшін бағдарламалық қабықшалар пайдаланылады, ол ДК-мен сәулелендіру орнын ауыстыру баптауларымен басқаруға мүмкіндік береді және виртуалды эскиз негізінде бұйым жасауға мүмкіндік береді. Олардың арасында ең танымал:

LaserWork-қарапайым басқару және танысу үшін түсінікті графикалық орта, лазер бастиегін жылжыту процесін басқару, өңдеу процесін визуализациялау, кесу параметрлерін бағдарламалау, лазер қуатын және кесу жылдамдығын реттеу сияқты операцияларды жасауға мүмкіндік береді.

- LaserCut-түсіну үшін тағы бір күрделі емес бағдарлама, оны осы саладағы ең аз білім базасы бар операторлар да игере алады. Кең функционал

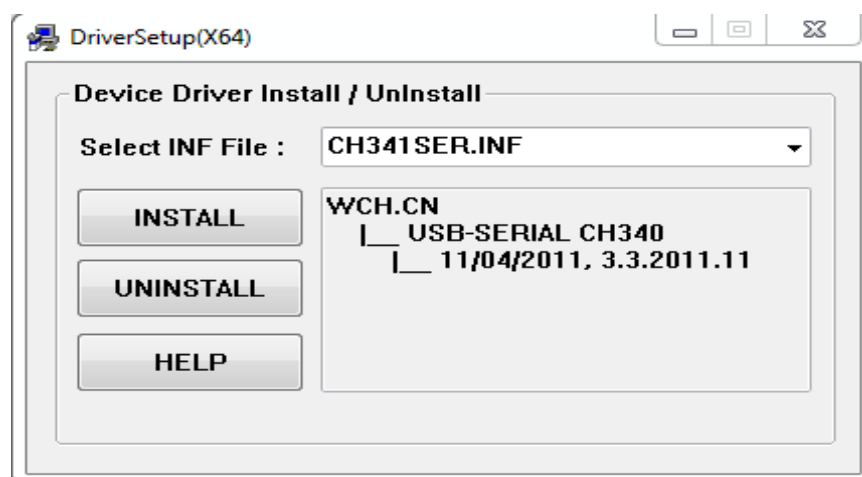
лазерлік кесумен байланысты көптеген міндеттерді жүзеге асыруға мүмкіндік береді: кіріс және қайтару нүктесін анықтау, кесу параметрлерін, сәуле шығарғыштың қуатын және оның қозғалу жылдамдығын реттеу, жұмысты орындау уақытын анықтау және т.б.

- SheetCam-лазерлік станокта жұмыс істеу үшін қажетті функциялардың кең жиынтығы бар: Сәуле шығарғыштың қозғалысын бақылау, кесудің жиынтық уақытын есептеу, лазер бастиегінің қозғалыс бағытын визуализациялау • Бағдарлама теңшелетін кесу параметрлері бар құралдарды жасауға (кесу жылдамдығы, кесу ені, күйдіру ұзақтығы және т.б.) және УП-ға өзгерістер енгізуге мүмкіндік береді.
- RDWork-лазерлік станокты басқару жүйесі танысу және пайдалану үшін түсінікті, ол функционал бойынша жоғарыда аталған БҚ кем емес. Құралдар қатарында: кесу тәртібін реттеу, оймалау аймағын тексеру, станок пен бөлшектер үшін нөл координаттарын енгізу, кесу және т. б. жылдамдығын реттеу.

4.4 Драйверлер мен прошивка орнату

Драйверді орнату

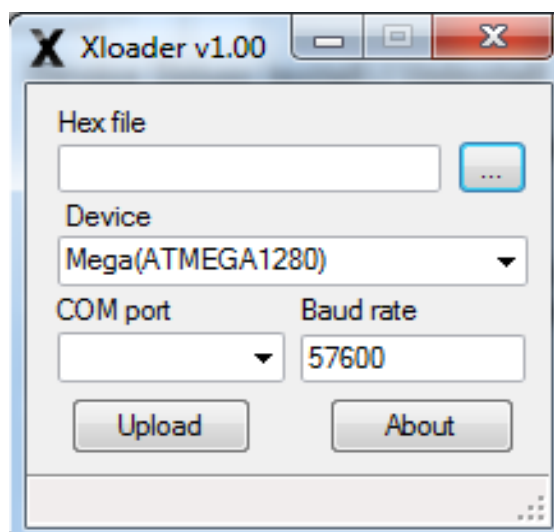
Біздің CNC machine GR BL control пайдалану арқылы басқарылады. Қадамдық қозғалтқыштар мен шпиндельді жұмыс істеу үшін бізге тақтамызға бағдарламаны енгізіп, калибрлеу жасап, тиісті драйверлерді орнатып және бағдарламаны орнату қажет. CH341SER драйверін ашыңыз. INF және оны орнатыңыз. Бұл компьютеріміз USB-портты тауып алуы үшін қажет.



4.2 Сурет – CH341SER.INF драйвері

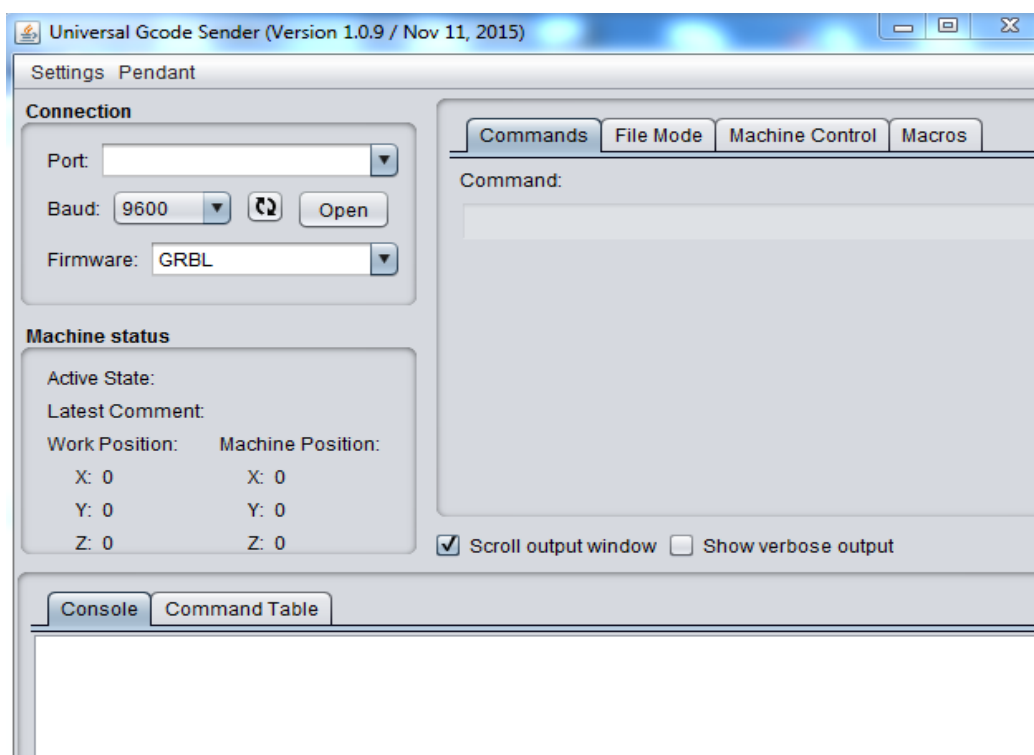
Енді тақтамызға бағдарламаны орнатып болған соң, деректерді жүктеп алу керек. X loader v1 бағдарламасын ашыңыз.0 және файл қойындысында gr bl control құжатын таңдап, құрылғы қойындысын Uno(ATmega328) таңдаңыз, ал біздің портты өзіңіз көрсету керек. Бұл бізге ақыға тігу кезінде деректерді

көрсетуге, сол арқылы өзгерістер енгізуге немесе станоктың ЧПУ кодын түзетуге мүмкіндік береді.



4.3 сурет – Xloader v1.0

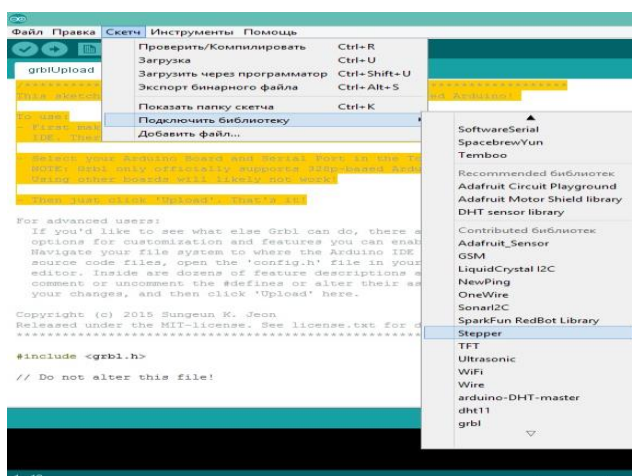
Universal code платформасы бізге командаларды Grblcontrol бағдарламасына кіргізуге көмектеседі. Беру жылдамдығын 115200 ретінде 8-N-1. Команда жолында бізге қажетті деректерді енгізу керек.



4.4 сурет – UniversalGcode

4.5 Қадамдық қозғалтқыш коды

Қадамдық қозғалтқыш үшін стандартты бағдарламалау рәсімі код жазуды талап етеді. Arduino бағдарламасына Grbl кітапханасын қосу керек.



4.5 сурет – Grbl библиотекасы

ҚОРЫТЫНДЫ

Соңғы бірнеше жылда Қазақстанда және шетелде кванттық электроника саласында ауқымды зерттеулер жүргізілді, әртүрлі лазерлер, сондай-ақ оларды пайдалануға негізделген аспаптар жасалды. Лазерлер енді локация мен байланыста, ғарышта және жерде, медицина мен құрылыста, есептеу техникасы мен өнеркәсібінде, әскери техникада қолданылады. Жаңа ғылыми бағыт – голография пайда болды, оның қалыптасуы мен дамуы лазерсіз мүмкін емес. Лазерлік кесу материал лазерлік өндеудің алғашқы қолдануының бірі болды. Бүгін лазерлік кесу лазерлік таңбалаудан басқа, материалды лазерлік өндеу үшін ең көп таралған бағдарлама болып табылады. Дегенмен, дерлік әрбір материал лазердің көмегімен кесілуі мүмкін, атап айтқанда, ультракүлгін импульстік лазерлер 100 Вт дейін қуат диапазонында қол жетімді. Қортындалай келе жоба барысында біз 3D принтер, лазер және фрезер чпу жинадық және осы үш жобаны біріктіріп, бірегей жоба жасағымыз келді.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 Сопряжение датчиков и устройств ввода данных с компьютером IBM PC: Перевод с английского/ Под редакцией У. Томкинса и Дж. Уэбстера: - М.: Мир, 2012. – 592с.: ил.
- 2 Тиль Р. Электрические измерения неэлектрических величин.: Перевод с немецкого – М.: Энергоатомиздат, 2011.-192с.: ил.
- 3 Сташин В.В. и др. Проектирование цифровых устройств на однокристалльных микроконтроллерах. - М.: Энергоатомиздат, 2010.-224с.
- 4 Гершунский Б.С. основы электроники и микроэлектроники.: - 3-е издание, переработанное и дополненное К.:Вища школа. Головное издательство, 2007.- 422с.
- 5 Привезенцев В.А. и др. Сборник описаний лабораторных работ по курсу обмоточные и монтажные провода. Издание 2-е.- М.: МЭИ, 2005
- 6 Бычатын Д.А. Поворотный индуктосин. 2010
- 7 Высокочастотные преобразователи угловых перемещений. 2007
- 8 Справочник по полупроводниковым диодам, транзисторам и интегральным схемам. Под общей редакцией Н.Н. Горюнова. Издание 4-е, переработанное и дополненное. – М.: Энергия, 2016.- 744с.: ил.
- 9 Справочник. Электрические конденсаторы и конденсаторные установки.: Под редакцией Г.С. Кучинского. – М.: Энергоатомиздат, 2007.- 656с.: ил.
- 10 Триполитов С.В., Ермилов А.В. Микросхемы, диоды, транзисторы.: Справочник. – М.: Машиностроение, 2012.
- 11 Справочная книга радиолюбителя конструктора/ А.А. Бокуняев и др.; Под редакцией Н.И. Чистякова. – М.: Радио и связь, 2014. – 624с.: ил.
- 12 Гутников В.С. Интегральная электроника в измерительных устройствах. - 2-е издание, переработанное и дополненное.- Л.: Энергоатомиздат. Ленинградское отделение., 2013.- 304с.: ил.
- 13 Кранихфельд Л.И., Рязанов И.Б. Теория, расчет и конструирование кабелей и проводов/ Учебник для техникумов.- М.: Высшая школа, 2006.- 384с.: ил.
- 14 Казарновский Д.М., Тареев Б.М. Испытание электроизоляционных материалов и изделий: Учебник для техникумов.- 3-е издание, переработанное и дополненное.- Л.: Энергия. Ленинградское отделение, 2001. – 216с.: ил.
- 15 Усаченко С.Т. и др. Выполнение электрических схем по ЕСКД: Справочник. – М.: Издательство стандартов, 2012.- 325с.

Қосымша А

```
int in1 = 2;  
int in2 = 3;  
int in3 = 4;  
int in4 = 5;  
constint dl = 5;
```

```
void setup() {  
  pinMode(in1, OUTPUT);  
  pinMode(in2, OUTPUT);  
  pinMode(in3, OUTPUT);  
  pinMode(in4, OUTPUT);  
}
```

```
void loop() {  
  digitalWrite( in1, HIGH );  
  digitalWrite( in2, LOW );  
  digitalWrite( in3, LOW );  
  digitalWrite( in4, LOW );  
  delay(dl);
```

```
  digitalWrite( in1, HIGH );  
  digitalWrite( in2, HIGH );  
  digitalWrite( in3, LOW );  
  digitalWrite( in4, LOW );  
  delay(dl);
```

```
  digitalWrite( in1, LOW );  
  digitalWrite( in2, HIGH );  
  digitalWrite( in3, LOW );  
  digitalWrite( in4, LOW );  
  delay(dl);
```

```
  digitalWrite( in1, LOW );  
  digitalWrite( in2, HIGH );  
  digitalWrite( in3, HIGH );  
  digitalWrite( in4, LOW );
```

```
delay(dl);
```

```
digitalWrite( in1, LOW );  
digitalWrite( in2, LOW );  
digitalWrite( in3, HIGH );  
digitalWrite( in4, LOW );  
delay(dl);
```

```
digitalWrite( in1, LOW );  
digitalWrite( in2, LOW );  
digitalWrite( in3, HIGH );  
digitalWrite( in4, HIGH );  
delay(dl);
```

```
digitalWrite( in1, LOW );  
digitalWrite( in2, LOW );  
digitalWrite( in3, LOW );  
digitalWrite( in4, HIGH );  
delay(dl);
```

```
digitalWrite( in1, HIGH );  
digitalWrite( in2, LOW );  
digitalWrite( in3, LOW );  
digitalWrite( in4, HIGH );  
delay(dl);
```

```
int in1 = 2;  
int in2 = 3;  
int in3 = 4;  
int in4 = 5;  
constint dl = 5;
```

```
void setup() {  
  pinMode(in1, OUTPUT);  
  pinMode(in2, OUTPUT);  
  pinMode(in3, OUTPUT);  
  pinMode(in4, OUTPUT);  
}
```

```
void loop() {  
digitalWrite( in1, HIGH );  
digitalWrite( in2, LOW );  
digitalWrite( in3, LOW );  
digitalWrite( in4, LOW );  
delay(dl);
```

```
digitalWrite( in1, HIGH );  
digitalWrite( in2, HIGH );  
digitalWrite( in3, LOW );  
digitalWrite( in4, LOW );  
delay(dl);
```

```
digitalWrite( in1, LOW );  
digitalWrite( in2, HIGH );  
digitalWrite( in3, LOW );  
digitalWrite( in4, LOW );  
delay(dl);
```

```
digitalWrite( in1, LOW );  
digitalWrite( in2, HIGH );  
digitalWrite( in3, HIGH );  
digitalWrite( in4, LOW );  
delay(dl);
```

```
digitalWrite( in1, LOW );  
digitalWrite( in2, LOW );  
digitalWrite( in3, HIGH );  
digitalWrite( in4, LOW );  
delay(dl);
```

```
digitalWrite( in1, LOW );  
digitalWrite( in2, LOW );  
digitalWrite( in3, HIGH );  
digitalWrite( in4, HIGH );  
delay(dl);
```

```
digitalWrite( in1, LOW );
```

```
digitalWrite( in2, LOW );  
digitalWrite( in3, LOW );  
digitalWrite( in4, HIGH );  
delay(dl);
```

```
digitalWrite( in1, HIGH );  
digitalWrite( in2, LOW );  
digitalWrite( in3, LOW );  
digitalWrite( in4, HIGH );  
delay(dl);
```