

Государственное образовательное автономное учреждение  
дополнительного образования Ярославской области  
**Центр детско-юношеского технического творчества**

## **Образовательная технология**

### **по проектированию и изготовлению конструкционных частей роботов с использованием 3D-технологий**

Предназначена для обучающихся  
в автомобильных объединениях 3-5 года занятий и  
детей, проявляющих индивидуальные особенности  
наиболее быстрого продвижения в обучении.

Педагог дополнительного  
образования  
ГОАУ ДО ЯО ЦДЮТТ  
Дмитрий Юрьевич Цветков

**ЯРОСЛАВЛЬ 2016**

## Пояснительная записка

С третьего года обучения в объединении «Радиоэлектроника» особое внимание уделяется проектной деятельности обучающихся, которая включает в себя полный цикл изготовления электронного устройства, от проведения исследования и проработки теоретической части, до сборки всех узлов и отладки готового устройства.

Главной проблемой любой радиотехнической лаборатории является сложность и трудоемкость изготовления механических узлов разрабатываемых устройств. Это связано, например, с тем, что педагоги и обучающиеся не имеют достаточных знаний и навыков в области металлообработки, особенно если это связано с использованием токарных и фрезерных станков.

Наличие таких станков с управлением от персонального компьютера, как 3D-принтер и лазерный резак, может существенно упростить процесс изготовления механических частей устройств.

В данной работе демонстрируется применение указанных станков на примере разработки манипулятора для робота.

## Описание оборудования и технологий

**Лазер** – это достаточно специфический источник света со свойствами, которые сильно отличаются от всех других источников света (к которым относятся все виды ламп накаливания, люминесцентные лампы, светодиодные лампы, огонь, естественные светила). Лазерный луч обладает рядом полезных для использования свойств: он распространяется на большие расстояния и имеет строго прямолинейное направление; луч движется очень узким пучком; обладает большой теплотой и может прожигать отверстия в любом материале.

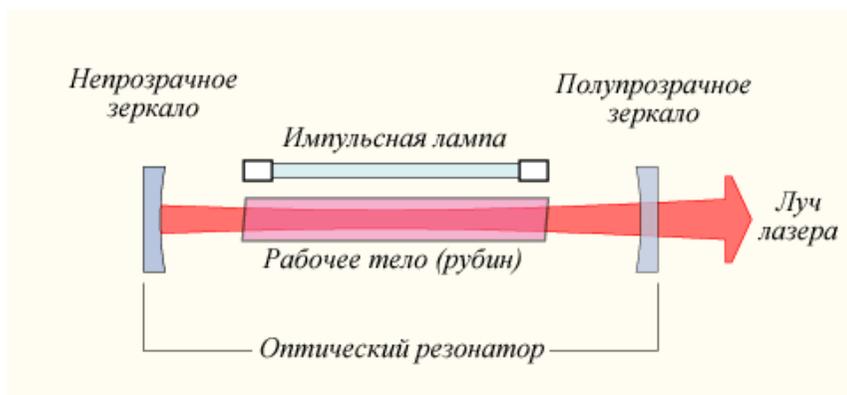
Название «лазер» - это аббревиатура английской фразы: Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation (LASER), что можно перевести как «усиление света с помощью принудительного излучения».

Все лазерные системы можно разделить на группы в зависимости от типа используемой активной среды. Важнейшими типами лазеров являются:

4

- твердотельные
- полупроводниковые
- жидкостные
- эксимерные
- газовые

Активная среда представляет собой совокупность атомов, молекул, ионов или кристалл, которая под действием света может приобретать усиливающие свойства. Для возникновения этого эффекта активная среда помещается в т.н. оптический резонатор, который представляет собой систему двух зеркал и обеспечивает многократное прохождение световых волн вдоль продольной оси. В результате возникает генерация излучения высокой мощности.



Кроме классификации по типу активной среды, существует классификация по типу т.н. накачки лазера. Не углубляясь в тонкости физики, можно сказать, что накачка представляет собой некий внешний процесс, предназначенный для передачи энергии (возбуждения) атомам (молекулам и т.д.) активной среды для возникновения светового излучения (отсюда и понятие «принудительное излучение»).

Способы возбуждения рабочего вещества:

- оптическая накачка
- накачка за счет газового разряда
- электронное возбуждение
- инжекция носителей заряда
- тепловая накачка
- в результате химической реакции

Основными характеристиками лазера, кроме его типа, являются:

- длина волны
- средняя мощность излучения
- характер излучаемой энергии (непрерывный или импульсный)

- степень опасности излучения для обслуживающего персонала

Указанные в начале Введения особенности лазера привели к появлению лазерно-гравировальных станков. По принципу действия эти машины очень схожи с фрезерными станками с ЧПУ. Лазерный станок также имеет монолитный корпус, горизонтальный рабочий стол, размещённый над ним подвижный инструментальный портал с головкой лазерного излучателя (аналога шпинделя с фрезой). Движение портала (и соответственно, головки излучателя) обеспечивается шаговыми электродвигателями под воздействием управляющих импульсов, генерируемых системой ЧПУ (в соответствии с заложенной в память станка программой обработки). Процессор ЧПУ также управляет мощностью лазерного луча и обеспечивает функционирование прочих узлов станка.

Оптическая система станков состоит из лазерной трубки, отражающих зеркал и головки излучателя с фокусирующей линзой. Трубка имеет сложную «многослойную» конструкцию и включает в себе активную среду (для современных «бюджетных» станков – газовую

смесь CO<sub>2</sub>, азота и гелия). При подаче внешнего напряжения (через повышающий трансформатор) в газовой среде инициируется лазерный луч. Система зеркал и фокусирующая линза головки излучателя направляют луч на поверхность материала. Движение головки излучателя над заготовкой позволяет вести обработку согласно заданному алгоритму по самым сложным (двух- или трёхмерным) траекториям. Для охлаждения лазерной трубки предусмотрена циркуляция жидкости (воды) в специальных магистралях под действием внешнего насоса.



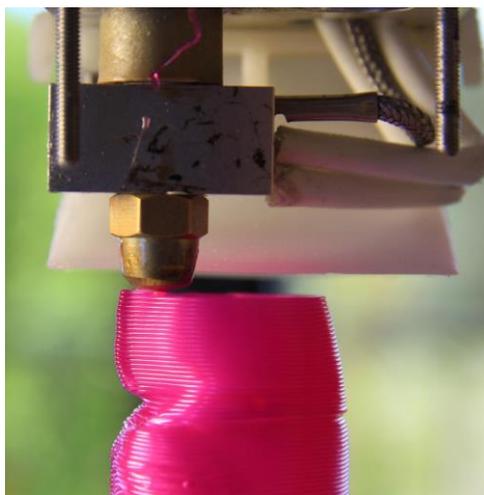
Современные лазерные резаки успешно справляются с обработкой практически любых материалов (дерева, металла, пластика, стекла, кожи, резины, бумаги, полиэтилена, камня и т.д.). Но для обработки каждого материала существуют свои тонкости (например, разная мощность), что и обуславливает многообразие станков и их цены.

Одними из наиболее популярных материалов для изготовления корпусов и механических частей электронных устройств являются оргстекло и дерево, что обусловлено прежде всего относительной простотой их обработки и сборки (склейки).

При выборе лазерного станка необходимо учитывать, что для сквозной резки оргстекла толщиной до 10 мм потребуется мощность 60-80 Вт. Для работы же с более толстыми заготовками потребуется излучающая трубка мощностью свыше 80 Вт. В то же время для резки фанеры достаточно мощности в 20-35 Вт.

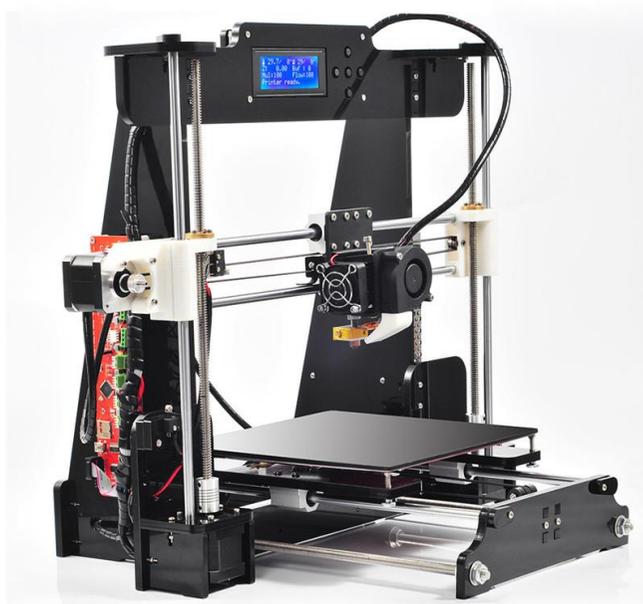
Другим полезным для радиоэлектронщика станком является 3D-принтер.

Существует множество типов 3D-принтеров, различающихся по устройству и принципам работы. Однако, все эти приборы используют один и тот же базовый принцип 3D-печати — построение объекта из тонких горизонтальных слоев расходного материала.



В зависимости от типа 3D-принтеры могут «возводить» объекты из различных материалов, наиболее популярным (и дешевым) из которых является пластик. В этом случае принцип работы принтера заключается в том, что печатающая головка (т.н. экструдер) сильно нагревается и плавит пластик, который подается в виде литой нити. Далее расплавленный материал подается с нижней части печатающей головки и помещается в нужных местах, после

чего быстро охлаждается. Сам объект формируется на подвижной (в двух плоскостях, X и Y) платформе.



Самым популярным расходным материалом для данного типа 3D-принтеров является **ABS пластик**. Его особая структура позволяет выдерживать сильное механическое воздействие. Такой пластик относится к ударопрочной группе и если сравнить ABS с обыкновенным полистиролом, то он в значительной степени превосходит другие аналоги в плане механической прочности и жёсткости. Среди других достоинств можно отметить тот факт, что данный вид пластика выдерживает

температурную нагрузку в 100 С°. Материал обладает высокой размерной стабильностью. Распечатанные объекты имеют блестящую поверхность (уровень блеска можно регулировать).

Среди огромного списка достоинств можно отметить стойкость к щелочи, смазке, кислоте, углеводороду, жиру и даже бензину. Однако он прекрасно растворяется в ацетоне, эфире, бензоле, этилхлориде, этиленхлориде, анилине и анизоле. Основной недостаток – чувствительность к воздействию ультрафиолетовых лучей и атмосферных осадков. Данный материал характеризуется низким уровнем электроизоляции. Практически не поглощает влагу. Воспламеняется при температуре в 395 С°.

**PLA пластик** или полилактид является самым экологически чистым и подходящим расходным материалом для трёхмерной печати. Данный вид пластика представляет собой термопластичный полиэфир, который создаётся из биологических отходов (сахарная свекла или силос кукурузы). Его мономером является молочная кислота. Распечатанные объекты имеют отличный уровень

скольжения и из такого пластика даже можно производить подшипники скольжения.

Чаще всего такой материал используется для изготовления детских игрушек потому, что PLA пластик обладает наименьшим уровнем токсичности. Единственным недостатком полилактида является недолговечность и постепенное разложение; если подвергать его постоянной эксплуатации, то вскоре объект потеряет свой первоначальный вид. Материал отлично подходит для большой и маленькой печати. Стоит заметить, что для повышения прочности изделия, полилактид можно смешать с ABS пластиком, тем более что они имеют одинаковую стоимость. Если вы захотите расплавить PLA пластик, то достаточно поместить модель в ультразвуковой резервуар с небольшим количеством каустической соды. Более простой способ расплавления – положить объект в воду, нагретую до температуры 80 C°.

**PVA пластик** – это тот же самый поливинилацетат, то есть клей ПВА. Основной особенностью этого материала является быстрая растворимость в воде. Данный вид

расходного материала часто используется в качестве разделителя или поддержки в процессе создания объектов с уникальным дизайном.

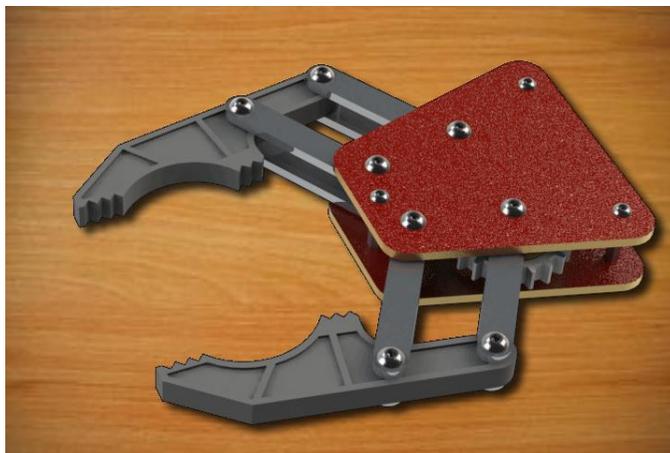
**Нейлон** очень похож на самый популярный расходный материал – ABS пластик. Однако он обладает лучшей сопротивляемостью высокой температуре печати и способен впитывать влагу. Недостатком нейлона является более высокий срок застывания и необходимость откачки воздуха из экструдера. Нейлон считается наиболее токсичным материалом. Данный вид расходного материала отлично подходит для печати шестерней, рычагов и даже запчастей для медицинских аппаратов.

### **Разработка и изготовление модели клешни манипулятора**

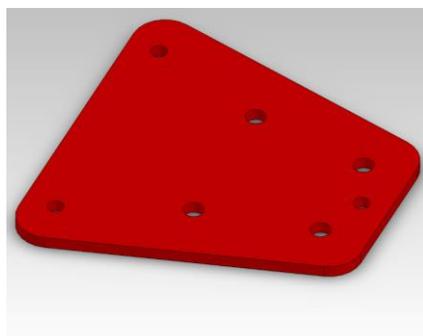
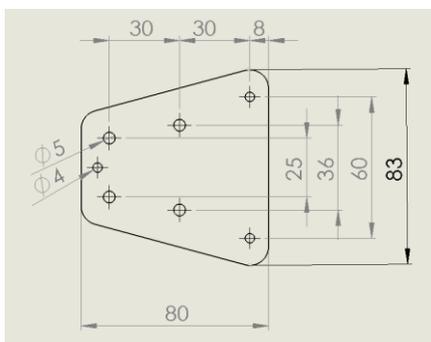
Клешня манипулятора может применяться в различных видах роботов, но функция у неё одна – захват предметов и проведение над ними некоторых манипуляций. Например, для отключения рубильником электрического тока роботом-спасателем. Выбор материала, используемого для изготовления клешни, зависит прежде всего от нагрузочных характеристик. В большинстве задач,

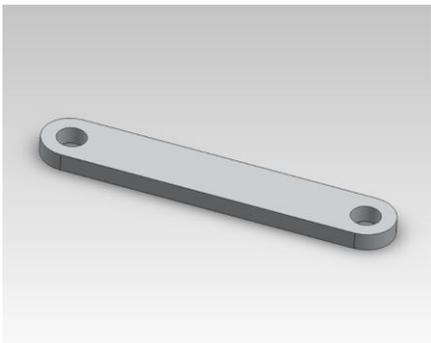
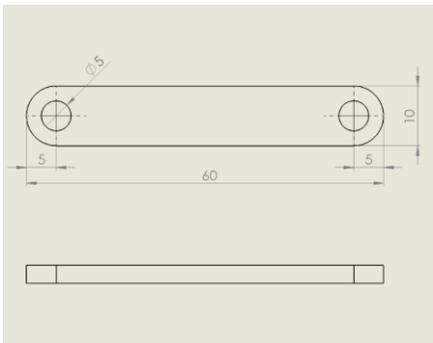
14

связанных с соревнованиями роботов, изготовленных обучающимися, нагрузки невелики и самым подходящим материалом является оргстекло толщиной 2-3 мм, которое обладает и достаточной прочностью, и малым весом.



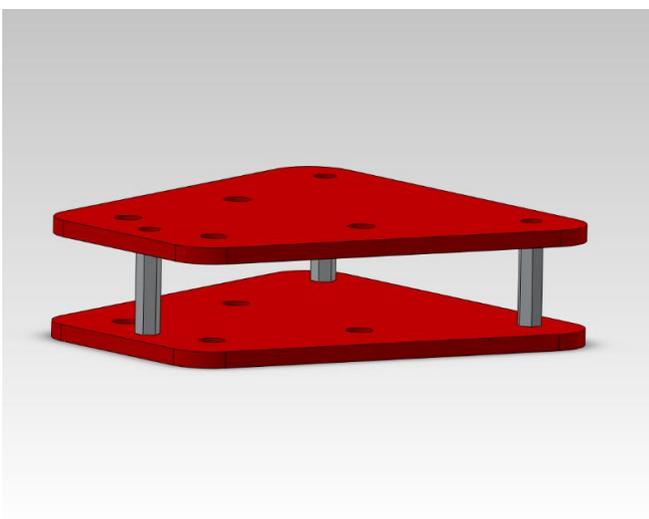
Из оргстекла вырезаются корпус и рычаги:



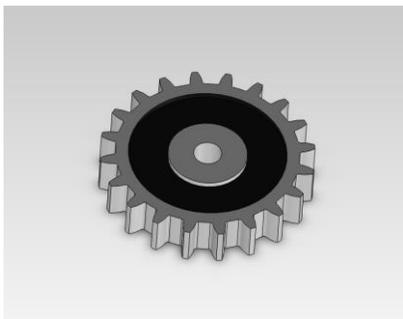


Их количество: 2 и 8 соответственно.

Сборка корпуса осуществляется стандартными 16-миллиметровыми шестигранными стойками и винтами М4 с полукруглой головкой:



На 3D-принтере по компьютерным моделям изготавливаются оставшиеся части клешни (по две штуки):



После чего осуществляется окончательная сборка.

Приводом клешни является сервопривод, который крепится на корпусе клешни и соединяется с одной из шестеренок, в зависимости от вида робота.



Важной особенностью большинства модельных сервоприводов является то, что их можно подключить к микроконтроллеру напрямую, без использования адаптеров.

Для этого идущий от них шлейф из трёх проводов подсоединяется следующим образом:

- красный — питание; подключается к контакту 5V или напрямую к источнику питания
- коричневый или чёрный — земля
- жёлтый или белый — сигнал; подключается к выводу микроконтроллера (или пину Arduino), на котором реализована функция ШИМ.

Для управления сервоприводом можно генерировать управляющие импульсы самостоятельно, но это настолько распространённая задача, что для её упрощения существует стандартная библиотека Servo, если речь идёт об Arduino.

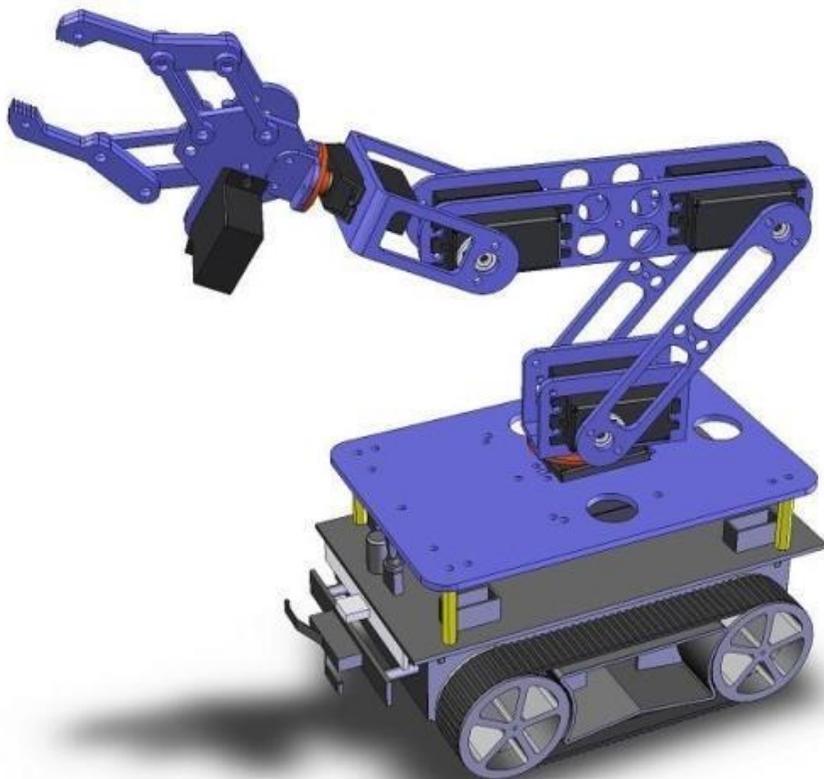
Пример использования библиотеки:

```
#include <Servo.h>
Servo myservo;
void setup() {
  myservo.attach(9);
}
void loop() {
  myservo.write(90); // сервопривод в серединное положение
  delay(500);
  myservo.write(0); // сервопривод в крайнее левое
положение
```

18

```
    delay(500);  
    myservo.write(180); // сервопривод в крайнее правое  
положение  
    delay(500);  
}
```

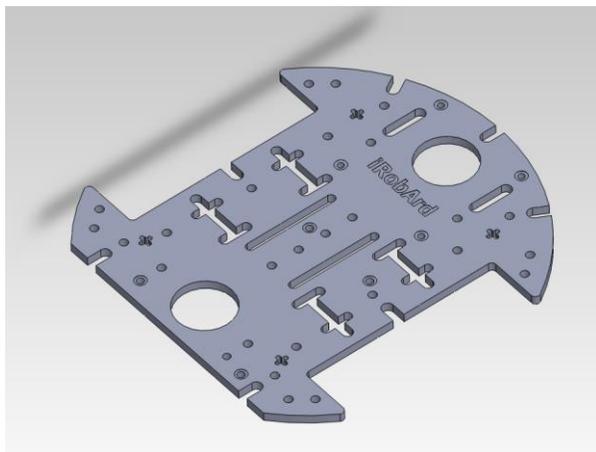
Пример размещения клешни на манипуляторе робота:



## Многофункциональная платформа для робота iRobArd

Предлагаемая платформа предназначена для построения различных роботов на базе программно-аппаратного комплекса Arduino UNO. Выбор данного комплекса обусловлен низкой ценой, обширным набором подключаемых устройств, различных датчиков и библиотек, наличием бесплатного программного обеспечения как для младших школьников (Snap4Arduino, miniBloq, Scratch), так и для старших (Ardublock, C#, Python).

Платформа является средством совмещения аппаратной части Arduino с различного рода конструкторами, включая LEGO Technic и Mindstorms, для чего предусмотрены специальные переходные отверстия.



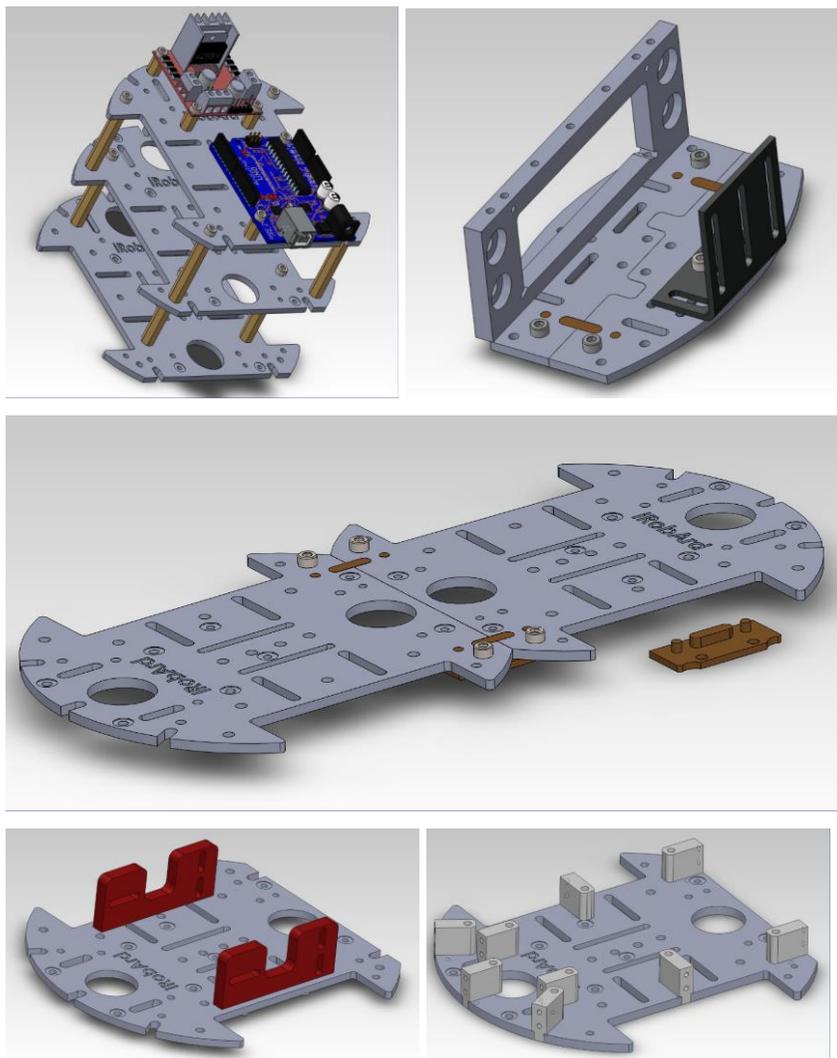
Различные отверстия позволяют создавать как классических двухколесных подвижных роботов, так и многоуровневых стационарных.

Кроме проведенной на рисунке детали («стандартная база») в комплект платформы входят укороченная база, рамка для жк-экрана и соединительные элементы:

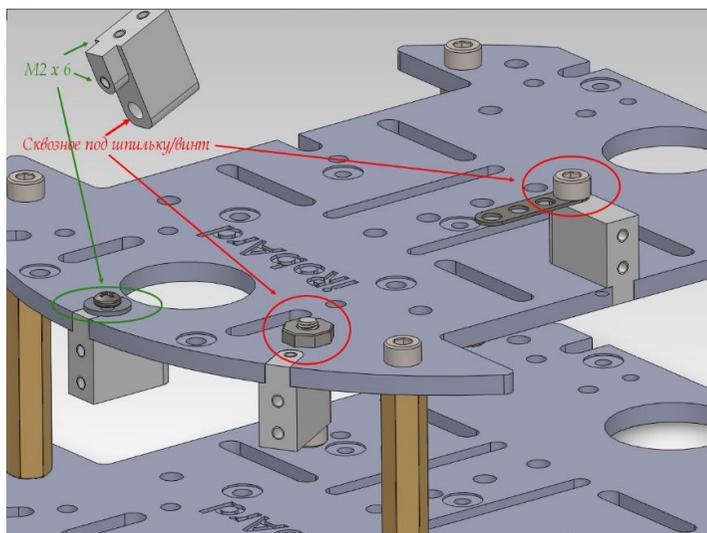


Базы, рамка и кронштейн двигателя изготавливаются на лазерно-гравировальном станке из оргстекла толщиной 3 мм. Соединительные элементы изготавливаются на 3D-принтере из ABS пластика, с последующим сверлением крепежных отверстий на торцевых поверхностях.

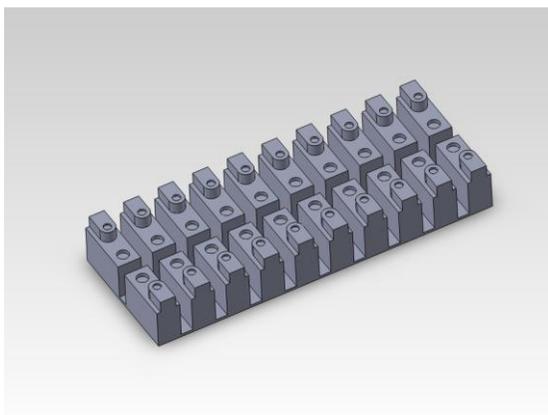
Возможны различные варианты компоновки роботов из указанных элементов:



Основной крепежный элемент предназначен как для соединения различных частей робота, так и для установки различных датчиков:

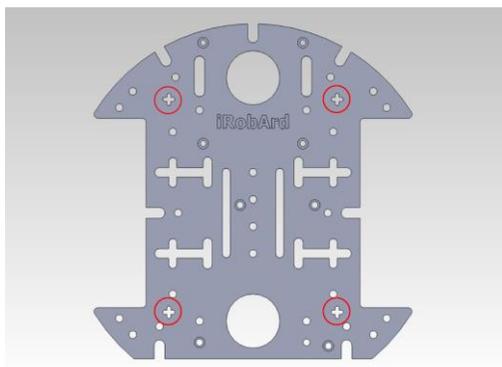


В связи с тем, что крепежных элементов требуется достаточно много, можно произвести их групповое изготовление:

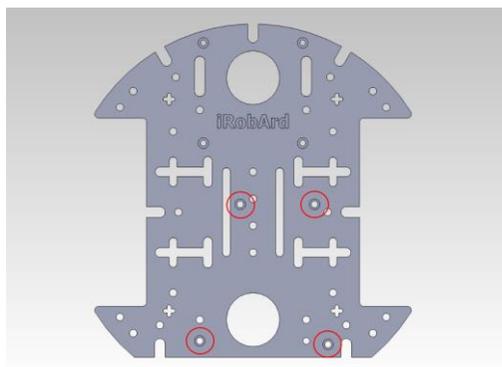


## Назначение различных отверстий

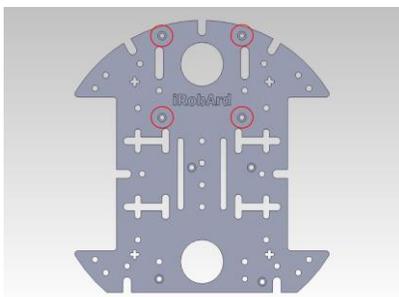
1. сопряжение с конструктором LEGO. Форма, размер отверстий и расстояние между ними подобраны с учетом размеров элементов, входящих в состав LEGO Mindstorms и Technic.



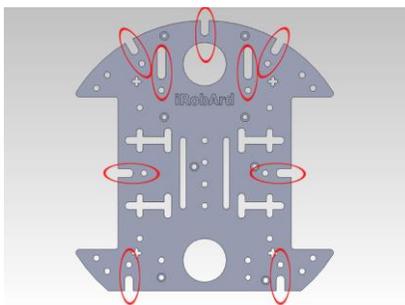
2. установка платы Arduino. Размер и взаимное расположение отверстий соответствуют спецификациям плат Arduino Uno, Leonardo, Duemilanove и пр.



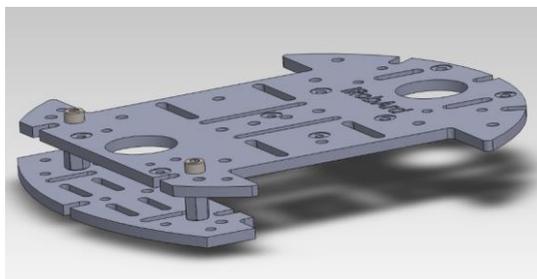
### 3. установка драйвера двигателя на основе L298N.



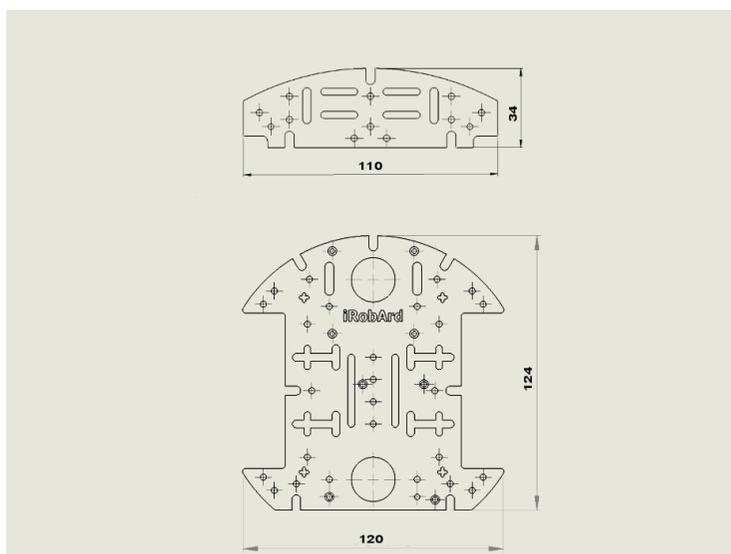
### 4. возможные места крепления датчиков и прочего навесного оборудования



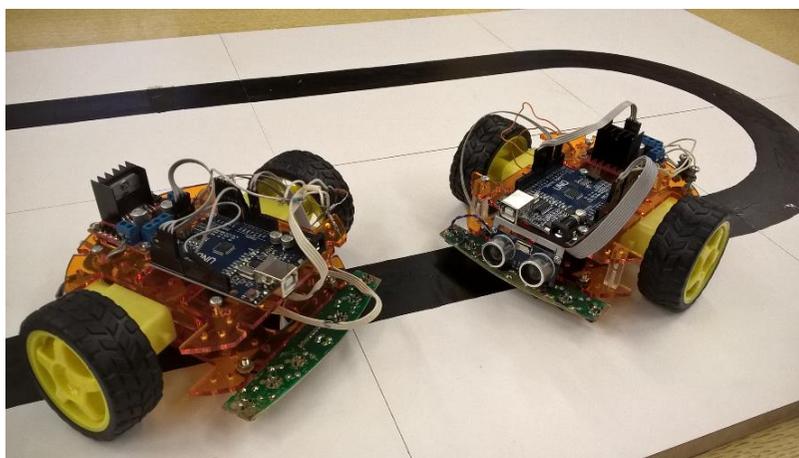
Остальные отверстия могут использоваться для совершенно различных нужд (например, соединение баз между собой).



Основные размеры баз:



Изготовленные обучающимися ГОАУ ДО ЯО ЦДЮТТ роботы для соревнований «гонка по линии» и «слалом»:



## Список информационных источников

1. Принцип действия и основные типы лазерных станков с ЧПУ.

<http://infolaser.ru/articles/st-lazernye-stanki/printsip-dejstviya-i-osnovnye-tipy-lazernykh-stankov-s-chpu>

2. Обзор расходных материалов для 3D-принтеров.

<http://3dtoday.ru/industry/obzor-raskhodnykh-materialov-dlya-3d-printerov.html>

3. Как работает лазер.

<http://howitworks.iknowit.ru/paper51.html>

