

§4. Заключительный этап: командная часть

Финальный этап по нейротехнологиям состоял из командной задачи по нейротехнологиям и индивидуальных задач по биологии, физике и информатике.

Максимум за командную задачу можно было набрать 100 баллов. За индивидуальную часть – 100 баллов.

Формула расчета итогового результата:

$70\% * [\text{результат за командную задачу}] + 30\% * [\text{результат за индивидуальную часть}]$.

Статус призера давался двум участникам с лучшим итоговым результатом при условии, что итоговый результат превышает 50 баллов (100 – максимум).

Легенда

В городе Южный Атомск уже на протяжении многих лет работает атомная станция. На территории находится множество радиационных установок, являющиеся объектами повышенной опасности. 25 марта на одной из таких радиационных установок произошла авария. Установку необходимо починить в кратчайшие сроки. Как известно, людям опасно находиться на такого рода объектах, поэтому необходимо использовать специальные дистанционные механизмы, управление которыми осуществляется из безопасного места.

Итак, у вас есть время до 29 марта, чтобы починить установку и спасти город!

Общие положения

Выполнение заданий 1, 2, 3 и 4 предполагается на рабочем месте каждой из команд. Для фиксирования результатов необходимо позвать преподавателя.

Выполнение задания 5 предполагается на специальном стенде. Время, когда можно будет продемонстрировать выполнение заданий будет лимитировано (5 минут), а очередность команд будет определяться жеребьевкой. Время для демонстрации задания 5 будет озвучено преподавателем.

В случае возникновения сложностей, у вас есть 3 бесплатные подсказки, которые дают возможность воспользоваться помощью преподавателя: вы можете задать вопрос по заданиям, на который преподаватель может вам ответить. Вопрос должен быть сформулирован максимально точно, чтобы ответ вам действительно помог. На вопрос “как собрать манипулятор” незамедлительно последует ответ “по инструкции”. Ответ на вопрос объявляется всей аудитории. За четвертый вопрос и последующие - последует 0 баллов за соответствующее задание.

Перед использованием попытки, вам необходимо объявить, что вы используете подсказку.

Внимание! Указанная разбивка заданий по дням является примерной, допускается выполнять задания раньше указанного времени.

Задание 4.1 (20 баллов) Сборка манипулятора для ремонта станции

Задание 4.1.1 (12 баллов)

Условие:

Сборка манипуляторов по инструкции. Инструкция предоставляется в электронном виде.

Задание 4.1.2 (8 баллов)

Условие:

Реализация управления сервоприводами (находящиеся в собранном манипуляторе) с помощью потенциометров в рабочем диапазоне углов сервоприводов (рабочим назовем

диапазон, при котором сервопривод движется свободно, не вызывая столкновения частей манипулятора). За правильное управление реализацией каждым сервоприводом (всего 4 сервопривода) - начисляется по 2 балла.

Комментарий 1:

к выполнению задания 1.2 допускается только при абсолютно верно выполненном задании 1.1

Задание 4.2 (12 баллов) Управление манипулятором с помощью гироскопа.

Условие:

Реализовать управление сервоприводом манипулятора с помощью гироскопа в рабочем диапазоне углов сервопривода. Достаточно реализовать управление хотя бы на одном из сервоприводов.

Задание 4.3 (15 баллов) Бионическое управление манипулятором

Условие:

Необходимо реализовать управление сервоприводами манипулятора с помощью модулей ЭМГ в рабочем диапазоне углов сервоприводов. При этом нужно реализовать управление хотя бы на одном из сервоприводов.

Задание 4.4 (3 балла) Тестирование

Условие:

Необходимо переместить манипулятор в заданные три положения (Положение объявляет преподаватель) для проверки корректности работы манипулятора. За каждое положение начисляется по 1 баллу.

Задание 4.5 (50 баллов). Аварийный ремонт атомной станции

Условие:

Комментарий: в данном разделе количество полученных баллов зависит от способа управления манипулятором. Методика расчета коэффициента Koeff - см в приложении 1.

Задание 4.5.1 (20 баллов * Koeff)

Условие:

Переместить опасный объект в безопасное место и накрыть его защитным колпаком.

(10 баллов) Перемещение объекта в безопасное место. Безопасное место обозначается зеленым кругом.

(10 баллов) Накрытие объекта защитным колпаком (см видео - https://www.youtube.com/edit?o=U&video_id=1hb_sLib65s).

Задание 4.5.2 (30 баллов * Koeff)

Условие:

Переместить объекты с одного стеллажа на другой (эталон задания - см. на видео - <https://www.youtube.com/watch?v=zVguZL7DLoQ>)

(15 баллов) Перемещение первого объекта с нижней полки первого стеллажа на верхнюю полку второго стеллажа

(15 баллов) Перемещение второго объекта со средней полки второго стеллажа на среднюю полку первого стеллажа.

Комментарий 1. Положение стеллажей и объектов для перемещения задается преподавателем. Баллы начисляются после выполнения задания. Если объект для

перемещения упал, то все присутствующие погибают от радиации, а баллы за объект не начисляются. Воскреснут участники только к следующей попытке.

Комментарий 2. Управление манипулятором должно осуществляться одним человеком от команды. Запрещается трогать руками объекты перемещения (см. смерть от радиации), защитные колпаки - при нарушении правил ставится ноль баллов за попытку.

Комментарий 3. Приступать к выполнению задания на стенде разрешается только после команды преподавателя.

Комментарий 4. Учитывается лучший результат по всем попыткам.

Приложение 1

Управление сервоприводами можно реализовать тремя способами: с помощью потенциометра, акселерометра и ЭМГ-модуля.

За управление с помощью потенциометра дается 1/12 балла

За управление с помощью акселерометра дается 2/12 баллов

За управление с помощью ЭМГ модулем дается 4/12 балла

Таким образом, если реализована следующая комбинация: управление двумя сервоприводами с помощью двух ЭМГ-модулей, двумя другими - с помощью двух акселерометров, то в этом случае

$Koeff = 4/12 + 4/12 + 2/12 + 2/12 = 1$ (Самый оптимальный вариант).

Если управление реализовано с помощью четырех потенциометров, то

$Koeff = 1/12 + 1/12 + 1/12 + 1/12 = 4/12 = 1/3$

Решение.

В приведенном ниже решении для управления манипулятором используются сигналы с двух модулей ЭМГ и с акселерометра-гироскопа. Тангаж и крен акселерометра управляют направлением движения стрелы манипулятора, модули ЭМГ - вращением основания и захватом.

Вычисляется амплитуда сигнала с модуля ЭМГ. При достаточном напряжении мышцы, амплитуда превышает порог. Сервопривод начинает двигаться при превышении порога. Для сервоприводов основания и захвата имеются переменные, значения которых изменяться только когда порог соответствующего сервоприводу сигнала превышен. Знак изменения меняется на противоположный при каждой последующей активации.

Для управления стрелой манипулятора применяется гироскоп-акселерометр, она контролирует положение захвата. Стрела управляется двумя сервоприводами. При движении каждого из них по отдельности захват движется по кривой. Для движения захвата исключительно в горизонтальной или вертикальной плоскости необходимо скоординированное движение сервоприводов. Для этого введены обобщённые координаты α и β - углы отклонения деталей, надетых на ось вращения сервопривода, от вертикальной оси.

Отклонение акселерометра более чем на 30 градусов от горизонтального положения активирует движение захвата по одной из осей - вертикальной и радиальной. Направление этого движения определяется отклонением акселерометра в ту или иную сторону.

Каждое задание финала способствовало поэтапному освоению принципов построения системы управления манипулятором.

Задание 1. Выполнив его, участники осуществили сборку манипулятора и реализовали простейшую систему управления с помощью потенциометров. Не все положения сервоприводов являются приемлемыми - при некоторых из них создаётся

избыточное механическое напряжение. Выполнив задание 1.2 участники узнали рабочий диапазон сервоприводов, увидели зависимость положения манипулятора от каждого сервопривода.

Задание 2. Выполнив его участники научились считывать показания акселерометра и применять их для изменения положения сервопривода.

Задание 3. Выполнив его участники научились считывать сигнал с модуля ЭМГ, обрабатывать его и применять для управления сервоприводом.

Задание 4. Выполнив его участники убедились в том, что диапазона движения манипулятора достаточно для выполнения последнего задания, выявили недостатки сборки и управления.

Задание 5. Количество баллов, получаемых за данное задание было пропорционально сложности системы управления манипулятором, мотивируя участников задействовать в управлении как можно большим числом сервоприводов гироскоп и модули для считывания электромиограммы.

Код программы (для среды Arduino IDE):

```
#include <Wire.h>
#include <Servo.h>
#include "MPU.h"
#define BASE_MAX 100
#define JAW_MAX 40

const double max_alpha = 68./180.*M_PI, min_alpha =
8./180.*M_PI, step_alpha = 0.0005;
const double max_beta = 78./180.*M_PI, min_beta = -8./180.*M_PI,
step_beta = 0.0005;
unsigned long last = 0;
Servo left, right, base, jaw;
int bs = BASE_MAX/2, jw = JAW_MAX/2;
int max_base = 0, min_base = 1023, ampl_base = 0;
int max_jaw = 0, min_jaw = 1023, ampl_jaw = 0;
int sp_bs = 1, sp_jw = -2;
boolean cur_base = false, last_base = false;
boolean cur_jaw = false, last_jaw = false;
int i = 0;
double alpha = 8./180.*M_PI, beta = 8./180.*M_PI;

double maxmin(double a, double b, double c){
return (a<b) ? b : (a>c) ? c : a;
}

void borders(){
alpha = maxmin(alpha, min_alpha, max_alpha);
beta = maxmin(beta, min_beta, max_beta);
}

void setup() {
#include "MPU_setup.h"
Serial.begin(9600);
pinMode(13, OUTPUT);
pinMode(12, OUTPUT);
left.attach(9);
right.attach(6);
base.attach(5);
jaw.attach(3);
}
```

```

void loop() {
#include "MPU_loop.h"
int val;
if(millis()-last > 2){
i++;
int azero = analogRead(A6);
max_base = max(max_base, azero);
min_base = min(min_base, azero);
int aseven = analogRead(A7);
max_jaw = max(max_jaw, aseven);
min_jaw = min(min_jaw, aseven);
if(i==32){
ampl_base = max_base - min_base;
max_base = 0;
min_base = 1023;
ampl_jaw = max_jaw - min_jaw;
max_jaw = 0;
min_jaw = 1023;
i = 0;
cur_base = ampl_base > 150;
cur_jaw = ampl_jaw > 300;
if(cur_base && !last_base)
sp_bs = -sp_bs;
if(cur_base){
bs += sp_bs;
digitalWrite(13,HIGH);
}
else
digitalWrite(13,LOW);
if(cur_jaw && !last_jaw)
sp_jw = -sp_jw;
if(cur_jaw){
digitalWrite(12,HIGH);
jw += sp_jw;
}
else
digitalWrite(12,LOW);
last_base = cur_base;
last_jaw = cur_jaw;
}
last = millis();
}
bs = max(0,bs);
bs = min(BASE_MAX, bs);
jw = max(0,jw);
jw = min(JAW_MAX, jw);
base.write(map(bs,0,BASE_MAX,20,160));
jaw.write(map(jw,0,JAW_MAX,80,102));
if(compAngleX < -30.0){
alpha-=cos(beta)/cos(alpha)*step_beta;
beta+=step_beta;
}
else if(compAngleX > 30.0){
alpha+=cos(beta)/cos(alpha)*step_beta;
beta-=step_beta;
}
}
}
borders();
if(compAngleY>30.0){

```

```

alpha+=sin(beta)/sin(alpha)*step_beta;
beta+=step_beta;
}
else if(compAngleY < -30.0){
alpha-=sin(beta)/sin(alpha)*step_beta;
beta-=step_beta;
}
}
borders();
left.write(42+((int)(alpha*180./M_PI)));
right.write(67+((int)(beta*180./M_PI)));
}

```

Комментарии к коду:

Заголовочные файлы MPU.h, MPU_setup.h, MPU_loop.h содержат код для считывания показаний с акселерометра и даются участникам олимпиады как есть, избавляя их от необходимости разбираться в работе с гороскопом.

Функция setup:

Начинается передача данных на СОМ-порт для вывода отладочной информации, инициализируются цифровые пины 12 и 13 на вывод для зажигания светодиодов, позволяя наглядно наблюдать превышения порога напряжения на мышце. Также указываются пины, к которым подключены сервоприводы методом attach(n), где n - номер пина.

Функция loop:

Период оцифровки сигнала с мышц задаётся условием if(millis()-last > 2): в переменной last хранится время прошлой оцифровки, соответственно если прошло больше 2 миллисекунд производятся следующие действия:

Оцифровываются сигналы с двух модулей ЭМГ, подключённых к А6 и А7.

Для определения амплитуды сигнала используются переменные max_base, min_base для модуля отвечающего за вращение основания манипулятора и max_jaw и min_jaw для отвечающего за захвата. Соответственно, в них хранятся максимальные и минимальные значения сигнала в определённом временном окне. Конец временного окна определяется с помощью подсчёта количество оцифрованных значений (переменная i увеличивается на единицу при каждом считывании сигнала с ЭМГ-модулей.

Когда количество считанных значений оказывается достаточным для расчёта амплитуды (условие if (i==32)), производятся следующие действия:

Вычисляется амплитуда сигнала в переменные ampl_base и ampl_jaw для модулей отвечающих за вращение основания и движение захвата соответственно.

Сбрасываются значения максимумов и минимумов сигнала. Сбрасывается счётчик количества оцифрованных значений.

В переменные cur_base и cur_jaw записывается результат сравнения текущих амплитуд сигнала с пороговыми. Если он оказывается выше порогового, то соответствующая переменная принимает значение TRUE, иначе FALSE.

Переменные last_base, last_jaw хранят значения аналогичного сравнения для предыдущего временного окна (это достигается тем, что в конце данного блока cur_base и cur_jaw присваиваются переменным last). Если в прошлом напряжение мышцы не превышало порог, а в текущем превышает, происходит изменение направления движения сервопривода (sp_jw или sp_bs меняют знак).

За положение сервоприводов основания и захвата отвечают переменные jw и bs. Если амплитуда сигнала с мышцы превысила пороговое значение.