## Описание проекта

Стенд позволяет демонстрировать работу алгоритма PID-регулирования.  
Разработан в качестве учебно-методического оборудования (наверное).

## Алгоритм работы

Датчик инерциальных измерений MPU6050 находится на подвижной части стенда (луч). Он измеряет базисы угловых скоростей и ускорений. Подробно описал [здесь](https://habr.com/ru/articles/759272/).  
Микроконтроллер STM32F411 опрашивает датчик каждые 4 мс и вычисляет ориентацию луча, производит расчёт PID-регулятора и управляет электронным контроллером хода мотора.

Вот функция пид регулятора:  
void PID(uint64\_t time){  
 static uint64\_t prewTime = 0;  
 uint32\_t PIDperiod = time - prewTime;  
 float periodS;  
 static uint8\_t firstIteration = 1;  
 static float anglePrev = 0, da = 0;  
 if(PIDperiod < 5000) return;  
 prewTime = time;  
 periodS = (float)PIDperiod\*1e-6;  
 if (firstIteration){  
 error = reqAngle - beamAngle;  
 errorPrev = error;  
 firstIteration = 0;  
 anglePrev = beamAngle;  
 return;  
 }  
 errorPrev = error;  
 error = reqAngle - beamAngle;  
 S = +ks\*sin(deg2rad\*reqAngle);  
 P = kp\*error;  
 P = (P > Plim) ? Plim : P;  
 P = (P < -Plim) ? -Plim: P;  
 I += ki\*periodS\*error;  
 I = (I > Ilim) ? Ilim : I;  
 I = (I < -Ilim) ? -Ilim: I;  
 da = beamAngle-anglePrev;  
 anglePrev = beamAngle;   
 if (da >= 0)  
 D = kd\*da/periodS;  
 else   
 D = kd\*da/periodS \* exp(-pow(error/Dsigma, 2));  
 PIDsumTmp = (P+I-D+S)/1000;   
 PIDsumTmp = (PIDsumTmp > 1) ? 1 : PIDsumTmp;  
 PIDsumTmp = (PIDsumTmp < 0) ? 0: PIDsumTmp;  
 PIDsumTmp = (PIDsumTmp < 1e-6) ? 1e-6: PIDsumTmp; // защита от ошибки процессора  
 PIDnormedKoef = periodS/(PIDsumTau+periodS);  
 PIDsum = PIDnormedKoef\*PIDsumTmp+(1-PIDnormedKoef)\*PIDsum;   
 htim4.Instance->CCR2 = (uint16\_t)(PIDsum \* timSpan + timMin);  
}

## Дисциплины, которые помогли выполнить проект

* **Линейная алгебра.** Определение ориентации по угловым скоростям и ускорениям выполнено методами линала
* **Дифференциальные уравнения.** Просто необходимо для описания физической модели и переходных процессов.
* **Численные методы.** Научился эффективно использовать вычислительные способности МК, интегрировать дискретные величины
* **Теория автоматического управления.** Иронично, что она не пригодилась, потому что я описываю нелинейный дифур во временной области, вот так вот
* **Компьютерный практикум по математическому анализу.** Матлаб ванлав, в нём прототипирую алгоритмы, строю графики.