# *НИУ «МЭИ»*
# представляет учебный курс:

Проектирование цифровых систем управления на базе отечественного микроконтроллера **НИИЭТ К1921ВК01Т**

Москва 2019

# Лекция 4.2

- Практическая работа по запуску электродвигателя в работу на основе заранее заготовленного демонстрационного программного обеспечения микроконтроллера (в исходных кодах).

- Наблюдение осциллограмм работы привода, снятых средствами системы управления.

# Обзор ПО MotorControlDemo: **технические факты**

- MotorControlDemo – проект по управлению различными электродвигателями на базе К1921ВК01Т.
- Проект разработан НПФ ВЕКТОР по заказу НИИЭТ и доступен для бесплатного пользования по адресу https://bitbucket.org/niietcm4/motorcontroldemo .
- Проект выполнен в средах разработки VectorIDE и CodeMaster++, однако может быть портирован и на другие IDE.
- Проект написан на Си без использования операционных систем.
- Вместе с проектом поставляется подробное описание на русском языке, а код снабжен комментариями.
- Проект выполнен в виде модульной структуры средствами Си.
- Проект активно использует парадигму дискретных автоматов (машин состояния).
- Проект опубликован под лицензией Apache License 2.0, что обозначает возможность использования данного программного кода в собственных «закрытых» разработках.

# Обзор ПО MotorControlDemo: **функционал**

- Проект содержит структуры управления скалярного и векторного управления синхронным и асинхронным двигателями, структуру с контуром положения для синхронного привода, структуру подчиненного управления ДПТ, структуру для управления ВИП (SRD) в режиме автокоммутации.
- Проект содержит драйвер CANopen (в виде библиотеки), который позволяет управлять приводом при помощи программы UniCON для ПК.
- Проект содержит имитационные модели электродвигателей (синхронного, асинхронного, ДПТ и ВИП). Модели выполняются на микроконтроллере в режиме реального времени и позволяют отлаживать и наблюдать работу структур управления так, как будто бы идет работа с реальным двигателем.
- Проект может запускаться на любом аппаратном обеспечении с К1921ВК01Т, в документации указаны необходимые модификации ПО для запуска на «железе» пользователя.

# Дискретные автоматы

- Дискретные автоматы (ДА) – машины состояния, конечные автоматы, state machines – такой подход к программированию, где программу разбивают на фиксированное число состояний, в каждом из которых выполняются одни и те же однотипные действия, а переход между состояниями выполняется по каким-то событиям.
- Программа дискретного автомата ни в коем случае не зацикливается внутри каждого состояния, а, выполнив нужные действия, возвращает управление, чтобы через некоторое время быть вызванной снова.
- В зависимости от сложности ПО в системе управления может работать сразу несколько ДА.
- В проекте MotorControlDemo дискретные автоматы используются для модуля защит, драйверов интерфейсов связи, переключения структур управления двигателями и т.п.

# Пример автомата защит

```
//считаем дискретный автомат
if (p->state_prev != p->state) //смена состояния?
     p->E = 1;//Возводим флаг первого вхождения "entry"
else
     p->E = 0;//иначе сбрасываем
p->state_prev = p->state;

switch (p->state) {//в зависимости от текущего состояния
case PROT_ON_OK: {//Норма
     if (p->E == 1) {  //Первое вхождение
          cmd.all = 0;// обнулим командное слово
     }
     //есть аварии?
     if ((p->masked_bit_fault1 | p->masked_bit_fault2) != 0) {
          p->state = PROT_FAIL; //переходим в состояние аварии
     }
     break;
}

case PROT_FAIL: { //состояние аварии (сработала защита)
     if (p->E == 1) {//Первое вхождение
          pwm12.Off(&pwm12); //Выключение ШИМ.
     }
     if (cmd.bit.trip_reset == 1)//команда на сброс аварии
          p->state = PROT_ON_OK;//идем в "норма"
     break;
}
}
```

# Модульность программы средствами языка Си
# На примере модуля цифрового фильтра

Заголовочный файл модуля цифрового фильтра `filter.h`:

```
struct SFilter
{
  long input;//! Вход
  long output;//! Выход
  long T; //! T=Ts/Tfiltra где - Tfiltra постояннаЯ времени
  void (*calc)(volatile struct SFilter*);//указатель на функ. расч.
};

typedef volatile struct SFilter TFilter;

//Инициализатор структуры
#define FILTER_DEFAULTS {0,0,_IQ(0.01),TFilter_Calc}

//Функция расчета
void TFilter_Calc(TFilter*);
```

# Модульность программы средствами языка Си
# На примере модуля цифрового фильтра

Файл с реализацией функций модуля `filter.c`:

```
#include "V_filter.h"

//! Инерционное звено 1/(Tp+1)
//! Используется как фильтр первого порядка
void TFilter_Calc(TFilter *p) {
    p->output = p->output + _IQmpy(p->T,(p->input-p->output));
}
```

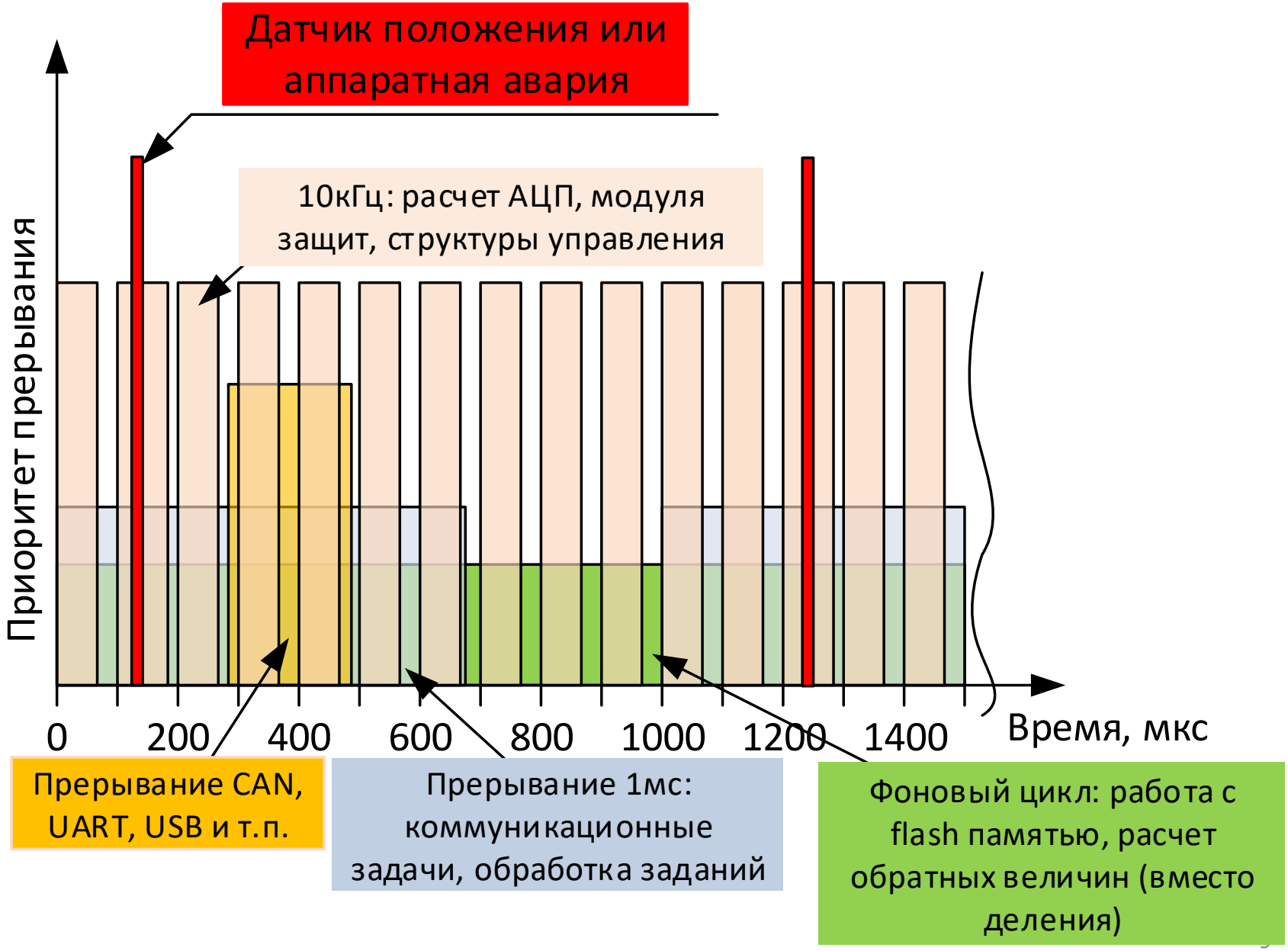
Для использования модуля:

```
TFilter myFilter1 = FILTER_DEFAULTS;
TFilter myFilter2 = FILTER_DEFAULTS;
```

Затем для работы фильтра (в прерывании с нужной дискретностью):

```
myFilter1.input=ADCInput1;
myFilter1.calc(&myFilter1);
filteredADCInput1=myFilter1.output;
```

# Организация задач и прерываний



# Практическая работа 1

- Преподаватель проводит обзор программного кода проекта MotorControlDemo, с открыванием каждого файла и пояснением его состава и назначения.

# Практическая работа 2

- Пользуясь описанием ПО MotorControlDemo (файл «Описание структуры ПО MotorControlDemo.pdf») проводится запуск синхронной машины в режиме скалярного управления на аппаратном комплекте на основе инвертора DRV8301-HC-EVM.
- Описание открывается на п.п. 4.1 Настройка базовых значений, слушатели следуют шагам описания по запуску привода в работу:
  - Выбирают и настраивают базовые величины
  - Проверяют и настраивают модуль защит
  - Проверяют и калибруют модуль АЦП
  - Запускают привод в скалярном управлении
  - Настраивают кривую U(f)
  - Снимают осциллограммы токов и напряжений фаз привода

# Домашнее задание:

- Для слушателей, плохо знакомых с принципом работы электродвигателя и векторным управлением, прочитать общеобразовательные статьи:

- https://geektimes.ru/company/npf_vektor/blog/269486/
- https://geektimes.ru/company/npf_vektor/blog/270206/
- https://geektimes.ru/company/npf_vektor/blog/270666/
- https://geektimes.ru/company/npf_vektor/blog/274096/

- (Хотя бы первую, а дальше насколько настроения хватит)