

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

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

Москва 2019

Лекция 2.2

- Обзор существующих вариантов отладки микроконтроллера K1921BK01T применительно к системам управления реального времени.
- Практическая работа по знакомству отладки в реальном времени при помощи Keil uVision
- При помощи сторонних инструментов на базе интерфейса связи CAN или RS.
- Демонстрация возможности наблюдать за изменением переменных микроконтроллера без прерывания его работы и построение осциллограмм.

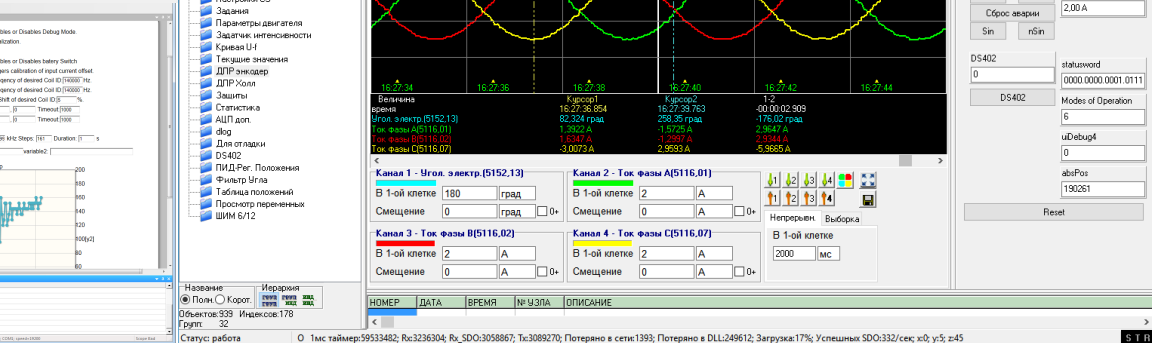
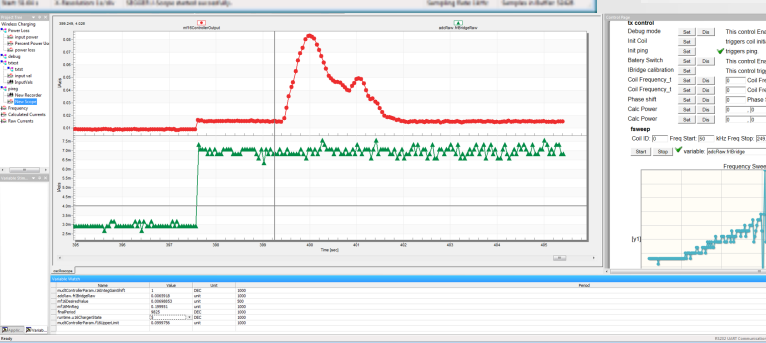
Обзор существующих вариантов отладки микроконтроллера K1921BK01T применительно к системам управления реального времени

- Отладка «мигание светодиодом»
- Точки останова, пошаговая отладка программы
- Printf
- Отладка через внешний осциллограф (ЦАП)
- Наблюдение переменных в реальном времени в среде разработки через отладчик
- Отладка через интерфейсы связи (UART, CAN, Ethernet) с выводом значений переменных на графики
 - С разрешением по времени до 10мкс

Обзор существующих вариантов отладки микроконтроллера K1921BK01T применительно к системам управления реального времени.

Многие производители дают возможность для своих микроконтроллеров наблюдать переменные на графиках:

- STMStudio от STM32 по SWD интерфейсу имеет осциллограф, работает только с STM32
- Code Composer Studio от Texas Instruments через свой режим реального времени (только для МК Texas Instruments)
- Segger J-Link имеет [J-Scope](#)
- FreeMaster от NXP для их микроконтроллеров
- Keil uVision для любых ARM микроконтроллеров
- UniCON от ОА НИИЭТ и НПФ Вектор для K1921BK01T





STMStudio для STM32



Code Composer Studio для Texas Instruments

The screenshot displays the Keil uVision4 IDE interface. The main window shows the source code for a program that toggles an LED. The code is as follows:

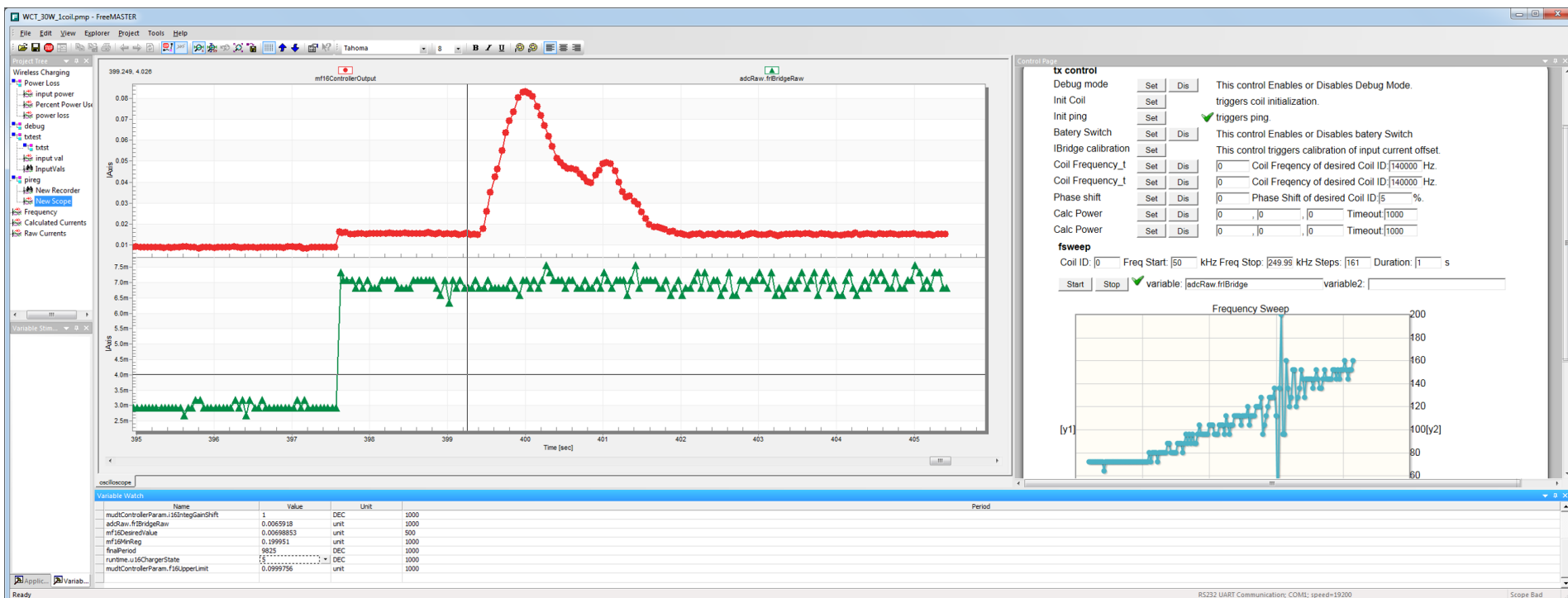
```

51 while(time){
52     time--;
53 }
54
55 int main(void){
56     PortF_Init(); // make PF1 out (PF1 built-in)
57     while(1){
58         Led = GPIO_PORTF_DATA_R; // read previous value
59         Led = Led ^ 0x02; // toggle red LED
60         GPIO_PORTF_DATA_R = Led; // output
61     }
62 }

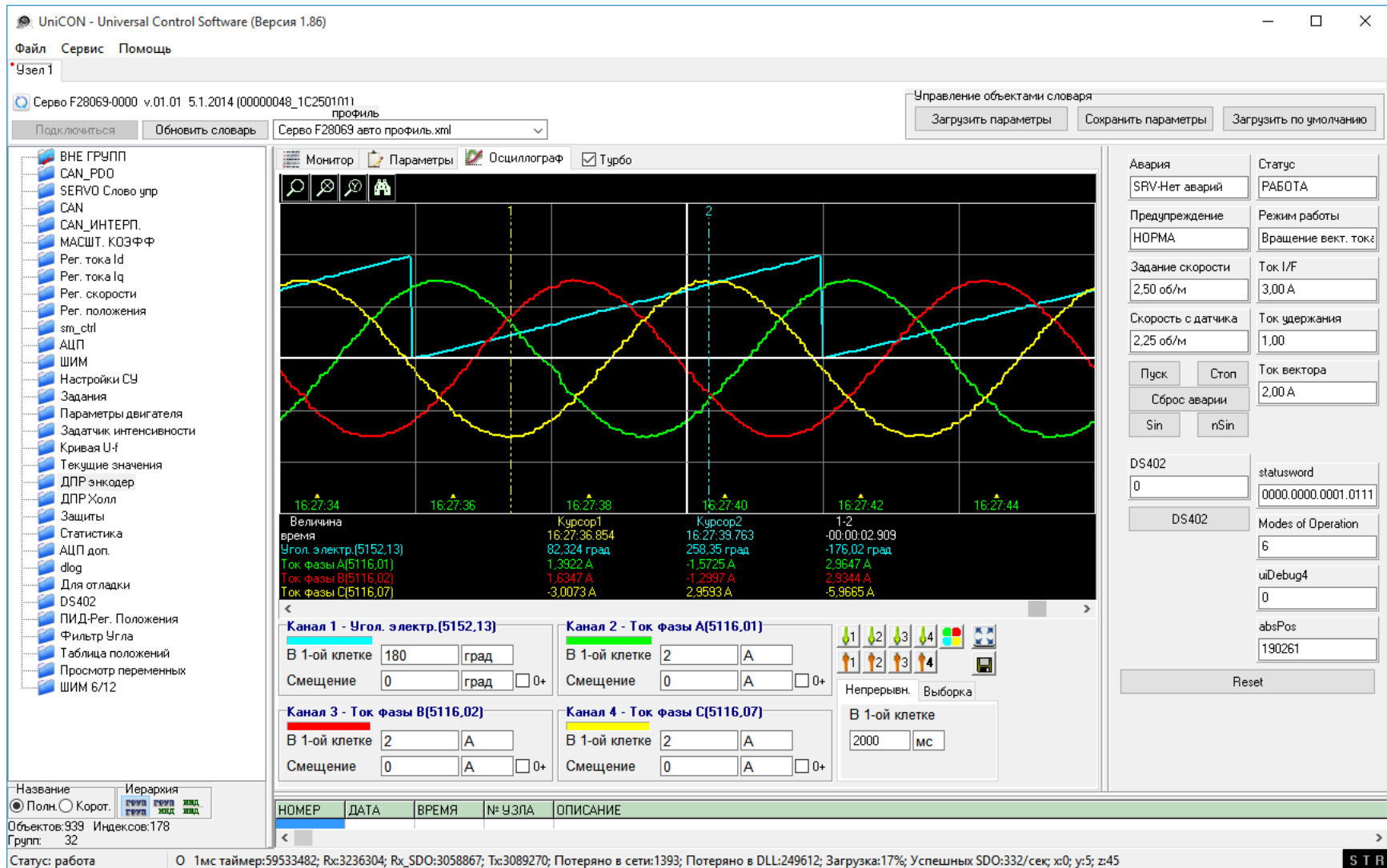
```

The 'EdX LaunchPad' window provides a detailed view of the microcontroller's hardware and configuration. The System View shows the TM4C123 microcontroller with its pins and components. The Debug View shows the current values of various registers, including DATA, DIR, DEN, AFSEL, DR2R, DR4R, DR8R, PUR, AMSEL, PDR, PCTL, RCGC2, LOCK, and CR. The Controls section includes fields for Student ID, Score, and Code.

Keil uVision



FreeMASTER для NXP

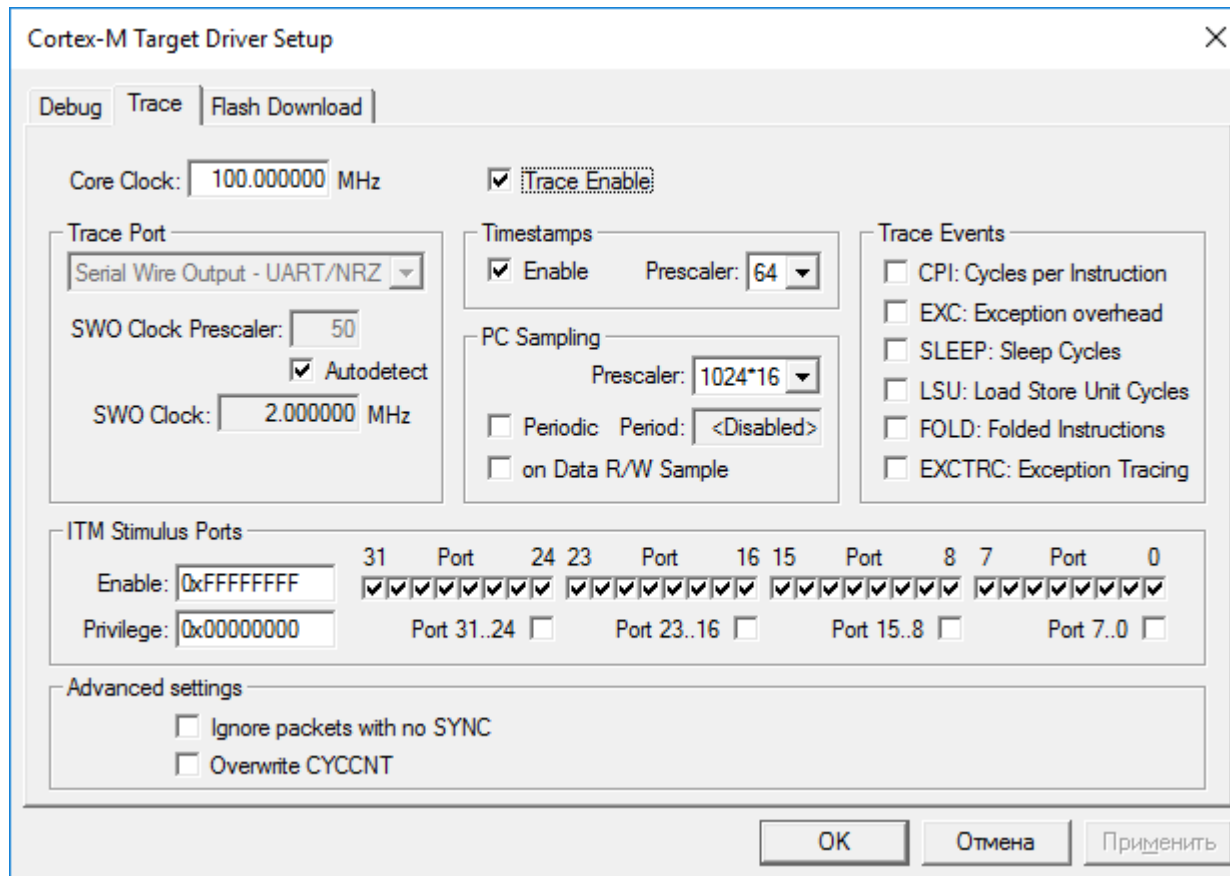


UniCON для K1921BK01T

Практическая работа с режимом реального времени в Keil uVision

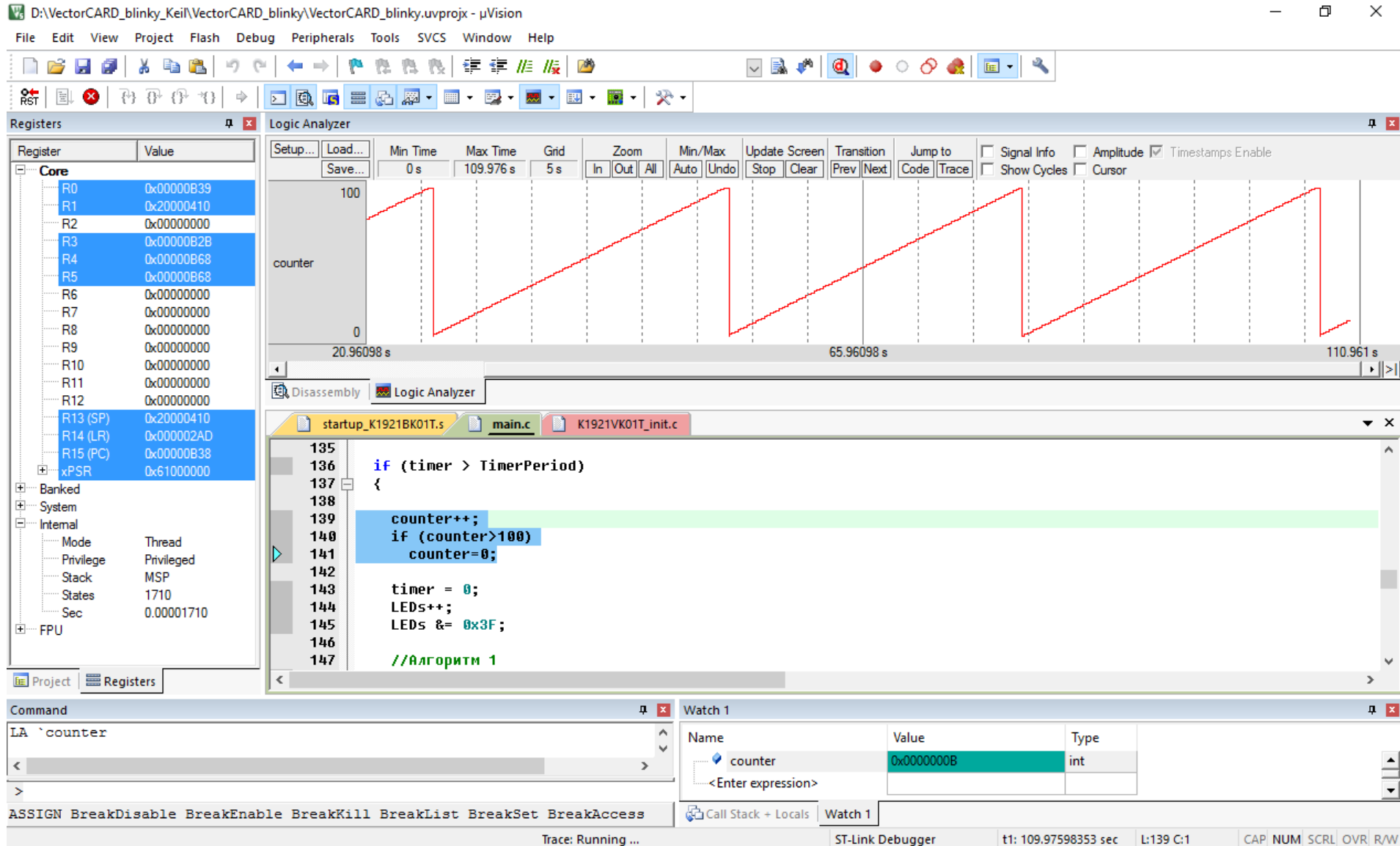
- Запустить проект VectorCARD_blinky в Keil
- Настроить режим реального времени (SWO + Trace)
- Создать глобальную переменную и сделать счетчик
- Добавить эту переменную в Watch Windows
- Включить View->Periodic Windows Update
- Попытаться настроить Logic Analyzer (см. далее)

Подсказка с «работающими» настройками ST-link для работы Logic Analyzer



Желательно смотреть медленно изменяющуюся переменную, с возможностями ST-link обновление данных происходит порядка раза в секунду.

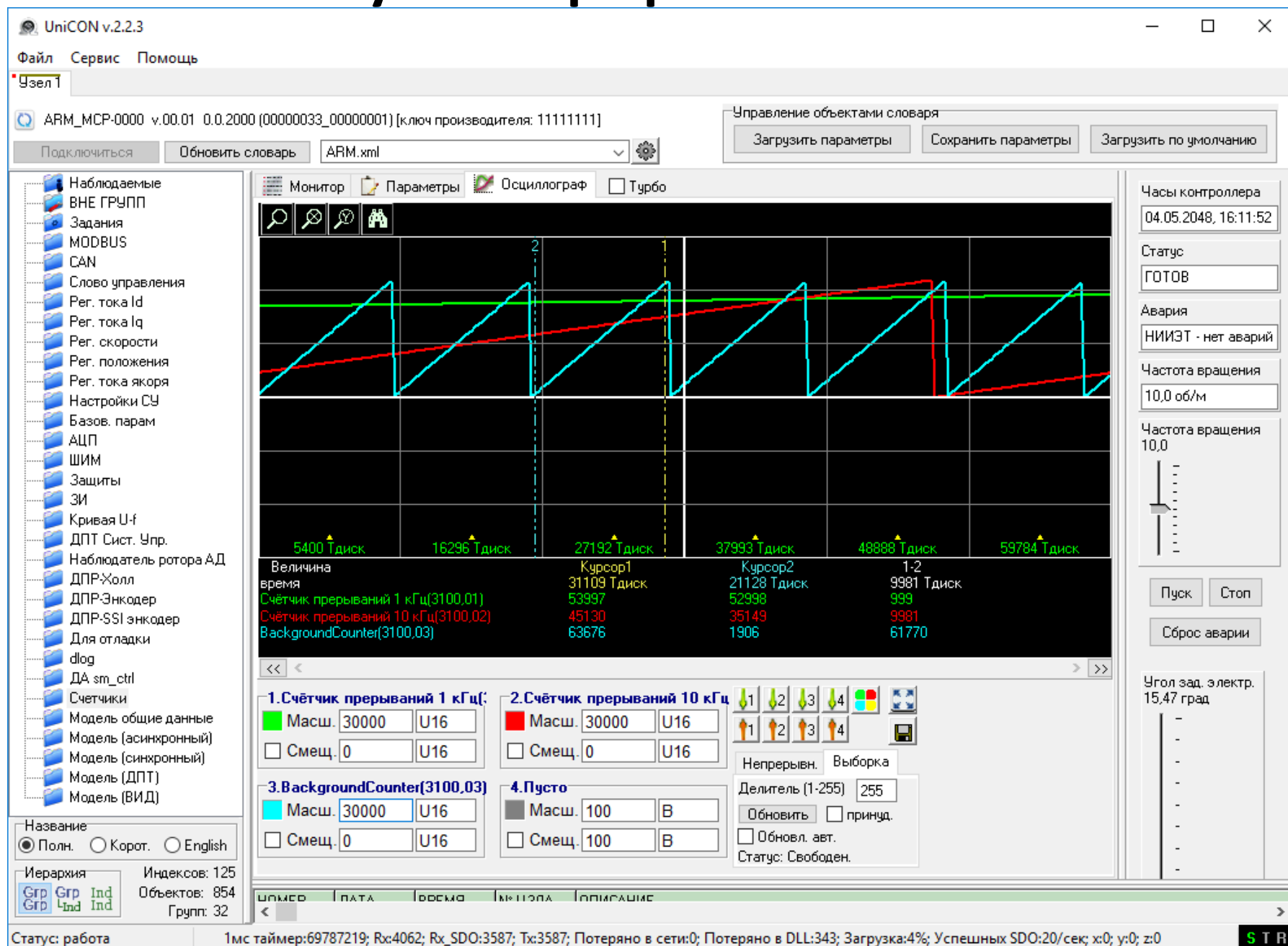
Результат графика в Keil



Практическая работа с программой UniCON

- Запустить проект MotorControlDemo в VectorIDE
- Подключить USB к USB-UART адаптеру в VectorCARD
- Запустить UniCON
- Наблюдать обновление переменных программы
- Добавить изменяющиеся переменные в осциллограф
- Воспользоваться режимом «Выборка»

Результат графика в UniCON



UniCON + CANOpen драйвер + COODEdit

- НИИЭТ приобрел технологии отладки, разработанные НПФ ВЕКТОР для K1921BK01T
- Набор программ доступен бесплатно по адресу <https://bitbucket.org/niietcm4/motorcontroldemo>
- Кроме того, там доступно ПО для микроконтроллера, реализующее всевозможные структуры управления электродвигателями на базе K1921BK01T. По содержит также имитационные модели электродвигателей для отладки структур управления «виртуально».
- Кроме того, доступны подробные описания и руководства пользователя на русском языке для всех компонентов

CANopen «НИИЭТ» - «НПФ ВЕКТОР» для K1921BK01T



- UniCON – программа для ПК под Windows, работающая по протоколу CANopen с микроконтроллерными устройствами. Позволяет параметризовать, наблюдать осциллограммы, управлять устройством.



- Драйвер CANopen – библиотека для микроконтроллера, осуществляющая взаимодействие по протоколу CANopen. Штатно функционирует через CAN, но имеет «шлюз» для передачи сообщений через любой другой интерфейс (UART, USB и т.п.).



- COODEEdit – программа для ПК под Windows, являющаяся редактором словарей CANopen. Позволяет выбрать, какие переменные ПО микроконтроллера «видны» через CANopen и в каком формате.



Функции программы UniCON

- Подключение и работа с любым устройством в сети CANopen (данной реализации драйвера).
- Наблюдение и изменение значений параметров (переменных внутри микроконтроллера).
- Отображение параметров в физических единицах (вольты, амперы и т.д.) с заданным масштабированием.
- Наблюдение осциллограмм – как в режиме «реального времени» с дискретностью 4 точки в секунду, так и через буфер внутри микроконтроллера с дискретностью до 100000 точек в секунду.
- Создание панели управления – группировка наиболее значимых параметров и органов управления в отдельном поле.
- Сервисные функции – перенос параметров устройства в файл и из файла, ведение лога сетевого обмена, экспорт данных осциллограмм в файл и т.п.



Драйвер CANopen

- Встраивается **в виде библиотеки** в пользовательское ПО микроконтроллера.
- Использует **небольшое количество ресурсов** – не замедляет работу системы управления.
- Предоставляет **доступ** по сети CANopen к выбранному **списку переменных** внутри микроконтроллера (в идеале – ко всем сколь-нибудь значимым). Список (словарь объектов) настраивается программой COODEdit.
- Имеет связь с модулем осциллографирования, позволяя через CANopen получать **осциллограммы значений любых объектов словаря** путем записи в буфер микроконтроллера.
- Реализует следующие сервисы CANopen стандарта: Heartbeat, Expedited SDO, PDO сервис.
- Имеет **надстройки**, не нарушающие стандарт, добавляя объектам возможность указания **единиц измерения, формата, масштаба** и т.п.
- Управляет **сохранением настроек** микроконтроллера, путем сохранения всех значений словаря объектов по команде пользователя в энергонезависимую память и загрузкой их при инициализации.



Функции программы COODEdit

- Редактирование словаря объектов, представленного в виде таблицы: создание, изменение, удаление объектов.
- Генерация на основе набранного словаря объектов файла для драйвера CANopen микроконтроллера.
- Генерация на основе набранного словаря объектов файла-отчета в Word с наглядным списком параметров (для руководства пользователя устройства).
- Генерация на основе набранного словаря объектов EDS-файла для работы CANopen устройством сторонних систем верхнего уровня (мастера сети).
- Администрирование базы текстов и перечислений (название параметров).
- Генерация списка текстов для ПО верхнего уровня [UniCON](#).
- Администрирование таблицы масштабирующих коэффициентов (множителей и единиц измерения для перевода значений переменных из представления микроконтроллера (например, 0x274840) в удобной пользователю вид (12 Ампер)).

Практическая работа с программой COODEdit

- Запустить проект MotorControlDemo в VectorIDE.
- Создать новую переменную, обеспечить её изменение по закону синуса с частотой 10Гц.
- Открыть программу COODEdit, добавить в словарь объектов новую переменную:
 - Создать новый текст для переменной;
 - Добавить в словарь новый объект, задать текст, адрес и формат переменной.
- Сгенерировать файл словаря объектов для микроконтроллера.
- Сгенерировать файл текстов для UniCON.
- Запрограммировать микроконтроллер с новым словарем объектов.
- Произвести обновление словаря объектов устройства в UniCon
- Найти новую переменную и наблюдать её в осциллографе.

Дополнительный функционал, доступный к приобретению отдельно

- Программатор (бутлоадер) для K1921BK01T и драйвера CANopen. Позволяет обновлять ПО микроконтроллера через программу UniCON по сети CAN. Устойчив к сбоям: позволяет продолжить программирование даже после сбоя питания микроконтроллера. Добавляется в проект пользователя в виде независимого модуля.
- Многопользовательская версия COODEdit: позволяет синхронизировать базу текстов параметров через единую базу данных, позволяя нескольким пользователям одновременно работать над проектами, исключая «наложение» текстов друг на друга. Позволяет работать «оффлайн», подключение к интернет требуется только для синхронизации базы.

CAN интерфейс

Преимущества:

- возможность работы в режиме жёсткого реального времени;
- простота реализации и минимальные затраты на использование;
- высокая устойчивость к помехам;
- арбитраж доступа к сети без потерь пропускной способности;
- надёжный контроль ошибок передачи и приёма;
- широкий диапазон скоростей работы;
- большое распространение технологии;

Недостатки:

- максимальная длина сети обратно пропорциональна скорости передачи;
- относительно большой размер служебных данных в пакете;
- отсутствие единого общепринятого стандарта на протокол высокого уровня.