

Разработка электронных устройств на основе современных микроконтроллеров

Паша Ферцер/Paul Fertser
fercerpav@gmail.com

Free Software enthusiast
Openmoko community
OpenOCD community
ЗАО «Связь Инжиниринг»
«МАТИ»-РГТУ
Geonodal solutions

Cansat Russia 2014

План рассказа (1)

Введение

Аппаратное обеспечение

- Архитектуры

- ARM-микроконтроллеры

 - Демонстрационные платы

 - Изготовление, сборка ПП

- Средства программирования и отладки

 - ARM DAP

 - JTAG

 - SWD

- Интерфейсы

 - USB

 - RS-485

 - CAN

План рассказа (2)

Программирование

ПО

Методы отладки

C++11

RTOS

Демонстрация работы

STM32F4 discovery

Eclipse

ChibiOS-RT

Цель

- ▶ Обзор аппаратного и программного обеспечения
- ▶ Что должен знать разработчик
- ▶ Практические советы

Вы можете начать разрабатывать современные устройства уже сейчас!

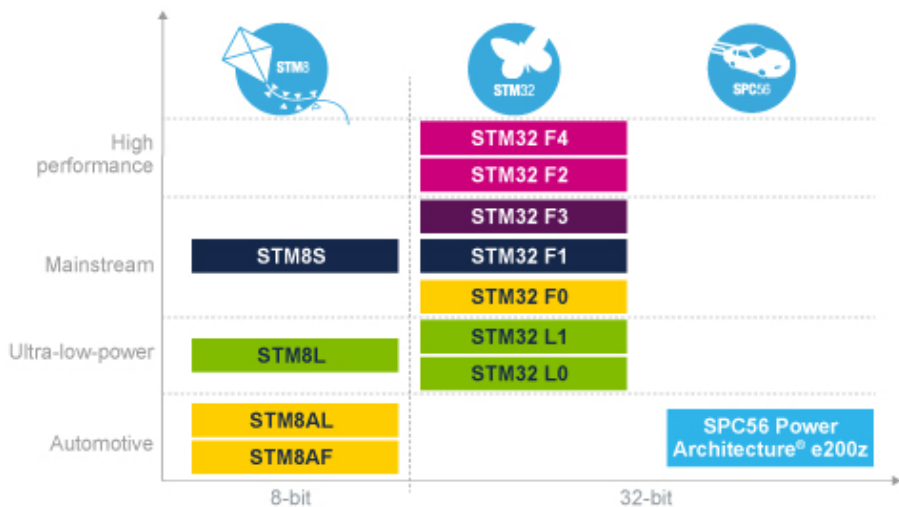
Архитектуры

- ▶ Cortex-M (ARM, разные производители)
- ▶ PIC32 (Microchip)
- ▶ AVR32 (Atmel)
- ▶ Quark (Intel)
- ▶ DSP (TI, Analog Devices)

Производители

- ▶ STMicroelectronics (STM32)
 - ▶ огромный выбор
 - ▶ совместимость между семействами (в т.ч. pin-to-pin)
 - ▶ низкая стоимость
 - ▶ большое сообщество разработчиков
- ▶ NXP (LPC)
 - ▶ LPC1xxx — большой выбор Cortex-M0/M3
 - ▶ LPC43xx — многоядерные гибридные (M4+M0), внешняя SPI flash-память любого размера!
- ▶ Nordic (nRF51) — встроенное 2.4ГГц радио
- ▶ Silicon Labs/Energy Micro (EFM32) — низкое энергопотребление
- ▶ Texas Instruments (Stellaris/Tiva C) — широкий выбор; OMAP5 — Cortex-A + Cortex-M
- ▶ Freescale (Kinetis) — широкий выбор, популярны в промышленности
- ▶ Atmel (SAM) — широкий выбор, популярны в промышленности
- ▶ ПМК Миландр (1986BE) — военная приёмка

STMicroelectronics



Умный датчик

- ▶ Ultra-low-power mode (10 μ A)
- ▶ 2g/4g/6g/8g/16g
- ▶ Data rate: 3.125 Hz to 1.6 kHz
- ▶ ARM-based, 32-bit Cortex-M0 (80 MHz)
- ▶ 64 Kbyte Flash memory
- ▶ 128 Kbyte SRAM (64 Kbyte with ECC)
- ▶ I²C master port; slave port
- ▶ SPI master/slave
- ▶ 4-wire UART
- ▶ 11 programmable GPIOs
- ▶ 3x3x1 mm LGA package

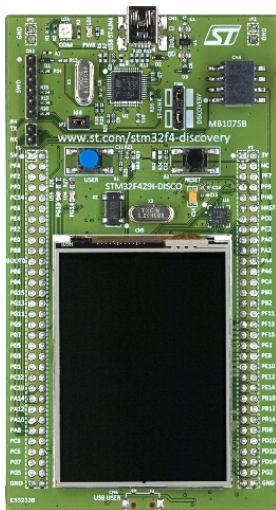


STM32F429ZIT6

- ▶ 2 MB Flash, 256 KB RAM
- ▶ ARM 32-bit Cortex-M4 with FPU, frequency up to 180 MHz
- ▶ 3x12-bit, 2.4 MSPS ADC: up to 24 channels and 7.2 MSPS
- ▶ 2x12-bit DAC
- ▶ 16-stream DMA
- ▶ Up to 17 timers: up to twelve 16-bit and two 32-bit timers up to 180 MHz, each with up to 4 IC/OC/PWM or pulse counter and quadrature (incremental) encoder input
- ▶ 168 I/O ports with interrupt capability
- ▶ USB 2.0 high-speed/full-speed device/host/OTG
- ▶ 8- to 14-bit parallel camera interface up to 54 Mbytes/s
- ▶ Розничная цена: 20 USD

STM32F4 discovery

- ▶ STM32F429ZIT6 microcontroller
- ▶ On-board ST-LINK/V2 (SWD connector)
- ▶ 2.4" QVGA TFT LCD
- ▶ SDRAM 64 Mbits
- ▶ L3GD20, 3-axis digital gyroscope
- ▶ USB OTG (micro-AB connector)
- ▶ Header for LQFP144 I/Os
- ▶ Розничная цена: 34 USD

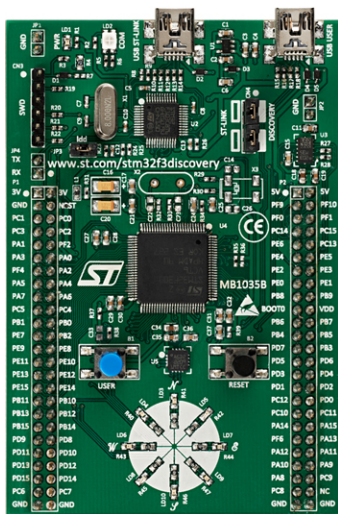


STM32F303VC

- ▶ ARM Cortex-M4 with FPU (72 MHz max)
- ▶ 128 to 256 Kbytes Flash
- ▶ Up to 40 Kbytes of SRAM, with HW parity on the first 16 Kbytes
- ▶ Up to 87 fast I/Os
- ▶ 4xADCs 0.20 μ s (up to 39 channels) with resolution of 12/10/8/6 bits
- ▶ 2x12-bit DAC
- ▶ 7xfast rail-to-rail analog comparators
- ▶ 4xoperational amplifiers
- ▶ Up to 24 capacitive sensing channels (touchkey, linear and rotary)
- ▶ CAN interface (2.0B Active)
- ▶ 2xI²C
- ▶ Up to 5 USART/UARTs
- ▶ Up to 3 SPIs
- ▶ USB 2.0 full speed interface
- ▶ Розничная цена: 10 USD

STM32F3 discovery

- ▶ STM32F303VCT6 (256 KB Flash, 48 KB RAM)
- ▶ L3GD20, 3-axis digital gyroscope
- ▶ LSM303DLHC, 3D digital accelerometer, 3D digital magnetometer
- ▶ 8 user LEDs
- ▶ USB device (Mini-B connector)
- ▶ Header for LQFP100 I/Os
- ▶ Розничная цена: 17 USD



STM32L0 discovery


- ▶ STM32L053C8T6 (64 KB Flash, 8 KB RAM)
- ▶ One linear touch sensor or four touch keys
- ▶ I_{DD} current measurement
- ▶ 2.04" E-paper display, 172x72 pixels
- ▶ Header for LQFP48 I/Os
- ▶ Розничная цена: 65 USD



STM32F0 family

Cortex-M0 – 48 MHz

- Reset POR/PDR
- 2x watchdogs
- Hardware CRC
- Internal RC
- Crystal oscillators
- PLL
- RTC calendar
- 16- and 32-bit timers
- 1x12-bit ADC
- Temperature sensor
- Multiple channel DMA
- Single wire debug
- Unique ID

 Product line	FLASH (KB)	RAM (KB)	Power supply	20-byte backup data	12-bit DAC	Comp	Touch sense	Up to 2xSPI/PS, 2xPC	USART		CEC	CAN	USB crystal/Hess
									2x	4x			
STM32F030 Value line	16 to 64	4 to 8	2.4 to 3.6 V					•	•				
STM32F0x1	16 to 128	4 to 16	2.0 to 3.6 V	•	•	•	•	•		•			
STM32F0x2 USB	16 to 128	4 to 16	2.0 to 3.6 V	•	•	•	•	•		•	•	•	•
STM32F0x8 1.8 V +/-8%	32 to 128	4 to 16	1.8 V +/- 8%	•	•	•	•	•		•	•		•

STM32F030C6

- ▶ ARM 32-bit Cortex-M0 CPU (48 MHz)
- ▶ 16 to 64 Kbytes Flash
- ▶ 4 to 8 Kbytes SRAM with HW parity checking
- ▶ 1x12-bit, 1.0 μ s ADC (up to 16 channels)
- ▶ Up to 10 timers
- ▶ 16-bit 7-channel advanced-control timer
- ▶ Up to two I²C
- ▶ Up to two USARTs
- ▶ Up to two SPIs (18 Mbit/s)
- ▶ Розничная цена: 1.8 USD

STM32F042K6

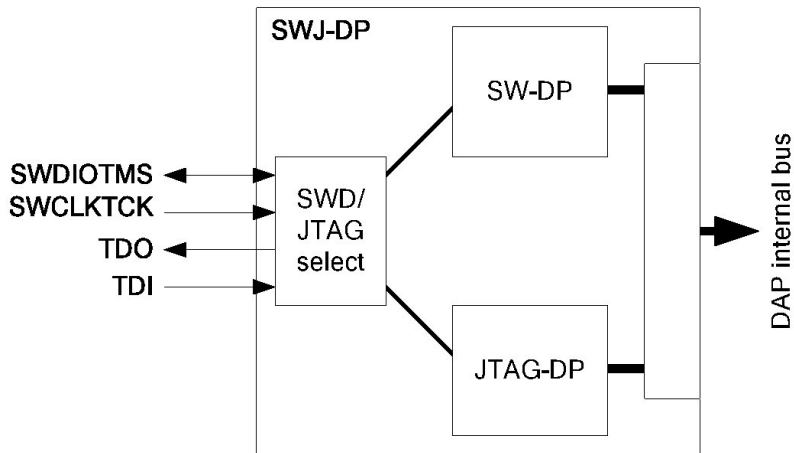
- ▶ ARM 32-bit Cortex-M0 (48 MHz)
- ▶ 16 to 32 Kbytes of Flash
- ▶ 6 Kbytes of SRAM with HW parity
- ▶ Up to 37 fast I/Os
- ▶ 1x12-bit, 1.0 μ s ADC (up to 10 channels)
- ▶ Up to 14 capacitive sensing channels (touchkey, linear and rotary)
- ▶ 9 timers
- ▶ 1xI²C interface
- ▶ 2xUSARTs; one with ISO7816 interface, LIN, IrDA, auto baud rate detection and wakeup feature
- ▶ 2xSPIs (18 Mbit/s)
- ▶ CAN interface
- ▶ USB 2.0 full-speed interface (runs from internal 48 MHz oscillator)
- ▶ HDMI CEC
- ▶ Розничная цена: 3 USD

Изготовление, сборка ПП

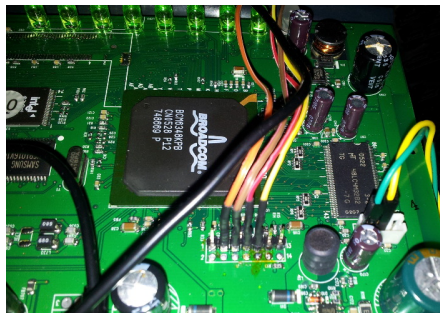
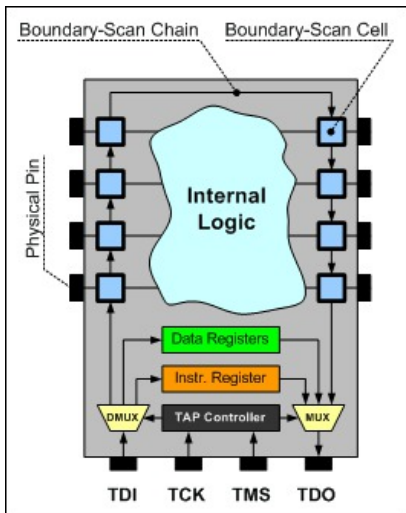
- ▶ Изготовление ПП
 - ▶ Разработать и развести (KiCAD, Eagle, Altium)
 - ▶ Отправить в Seedstudio (10 плат 50x50 mm стоят 14 USD с доставкой) или OSHPark
- ▶ Сборка вручную, паяльная станция Lukey 702 стоит ≈3000 RUB



ARM DAP



JTAG



JTAG-адаптеры

- ▶ FT232H dev module — 16 USD
- ▶ TUMPA (with aux UART) — 30 USD
- ▶ Olimex ARM-USB-OCD-H — 75 USD
- ▶ J-Link EDU — 60 USD
- ▶ LPT-порт
- ▶ RaspberryPi или другой компьютер с GPIO

SWD-адаптеры

- ▶ STLink — бесплатно в составе discovery board
- ▶ CMSIS-DAP — в составе плат других производителей
- ▶ J-Link
- ▶ JTAG-адаптер с переходником (7 USD) или резистором

Связь с компьютером

USB — самый популярный стандарт связи ПК и мобильных устройств с периферией

- ▶ встроенный контроллер
- ▶ USB-UART преобразователь (FT232R, CP2102 и др.)
- ▶ внешний RS-232, RS-485 или CAN контроллер с USB

Ethernet — простая интеграция в ЛВС

- ▶ встроенный контроллер (напр. STM32F105)
- ▶ дополнительный контроллер с UART или USB

RS-485

- ▶ 32 и более устройств на одной шине
- ▶ дифференциальная линия
- ▶ простота
- ▶ совместимость с ПЛК, программами и библиотеками для ПК
- ▶ Modbus (например, freemodbus)

CAN bus

- ▶ multi-master
- ▶ автоматическая приоритезация и арбитраж шины
- ▶ помехоустойчивость
- ▶ протоколы высокого уровня: CANopen (напр. CanFestival), DeviceNet



Среды разработки

- ▶ Coocox ColIDE — бесплатная (но не свободная) среда разработки (только под windows)
- ▶ mbed — онлайн среда+компилятор, библиотеки с HAL
- ▶ Keil — популярная коммерческая среда, использует MDK-ARM
- ▶ Eclipse — свободная среда, работает вместе с GCC ARM Embedded toolchain
- ▶ Em::Blocks (Code::Blocks fork)
- ▶ QtCreator + baremetal debug plugin
- ▶ Emacs или Vim
- ▶ GDB cli + tui

Методы отладки

- ▶ пошаговое исполнение
- ▶ breakpoints (точки останова)
- ▶ watchpoints
- ▶ ARM semihosting
- ▶ SWO tracing

C++11

- ▶ максимальная производительность: все дополнительные возможности, которые влияют на скорость, опциональны
- ▶ статическая строгая типизация (compile-time ошибки вместо отладки!)
- ▶ мета-программирование (автоматическая генерация оптимизированного для конкретного случая кода)
- ▶ очень распространён в программировании ПК (C++11 + Boost libraries)

RTOS

Системы жёсткого реального времени: разделение задачи на независимые процессы с гарантированными максимальными задержками реакции на события. Целесообразность применения зависит от конкретной задачи, требуется опыт многопоточного программирования.

- ▶ FreeRTOS
- ▶ ChibiOS
- ▶ CoOS
- ▶ eCos

Спасибо за внимание!

Be free, use Free Software.