

# Построение практикумов по программированию встраиваемых систем

Костюк Д.А., Кутень И.С., Пушкин А.Л., Разумейчик В.С.

Брестский государственный технический университет,  
Белорусский государственный университет,  
Дизайн-центр электроники Promwad

# Практикумы по разработке для встраиваемых систем

- Факультет прикладной математики БГУ
  - Специальность «Прикладная информатика»  
(1 степень)
- Факультет электронно-информационных систем
  - Специальность «Промышленная электроника»  
(1 степень... если практикум на ней внедрен)
  - Специальность «Компьютерные технологии проектирования электронных систем»  
(2 степень)

# Состав практикума БГУ

- практическое ознакомление со средствами разработки и адаптация к предъявляемым требованиям в ходе написания простейшей консольной программы на С;
- ознакомление с особенностями создания bash-скриптов;
- работа с сокетами, процессами и потоками в С;
- написание серии программ по ядру Linux (программирование char-, sys-, dev-, proc-устройств, взаимодействие с таймерами, прерываниями и т.д.)

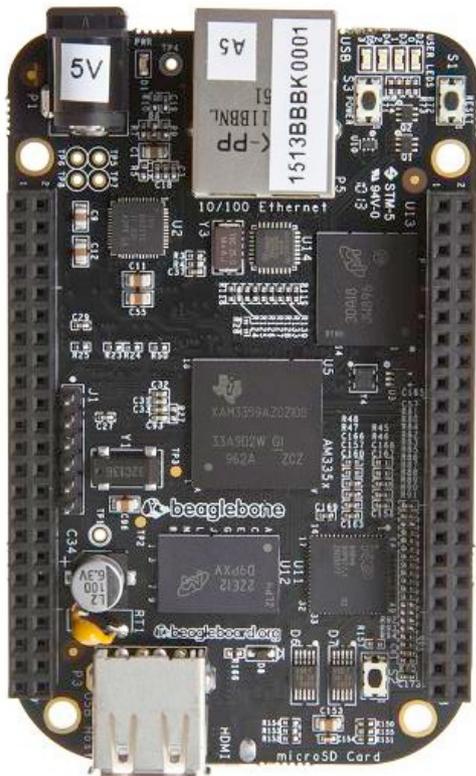
# Состав практикума БрГТУ

- знакомство с синтаксисом ассемблера ARM и базовыми средствами кросс-компиляции;
- более детальное изучение инструментария (GAS, make) при сборке многофайлового проекта, работа с листингом, изучение особенностей доступа к оперативной памяти устройства;
- изучение вычислительных возможностей процессора ARM и доступа к энергонезависимой FLASH-памяти для хранения результатов;
- изучение системы прерываний, совмещение ассемблерного кода и модуля на C;
- знакомство с базовым набором инструментов для компиляции и установки GNU/Linux на ARM-устройство, изучение принципов удалённой отладки с помощью GDB.

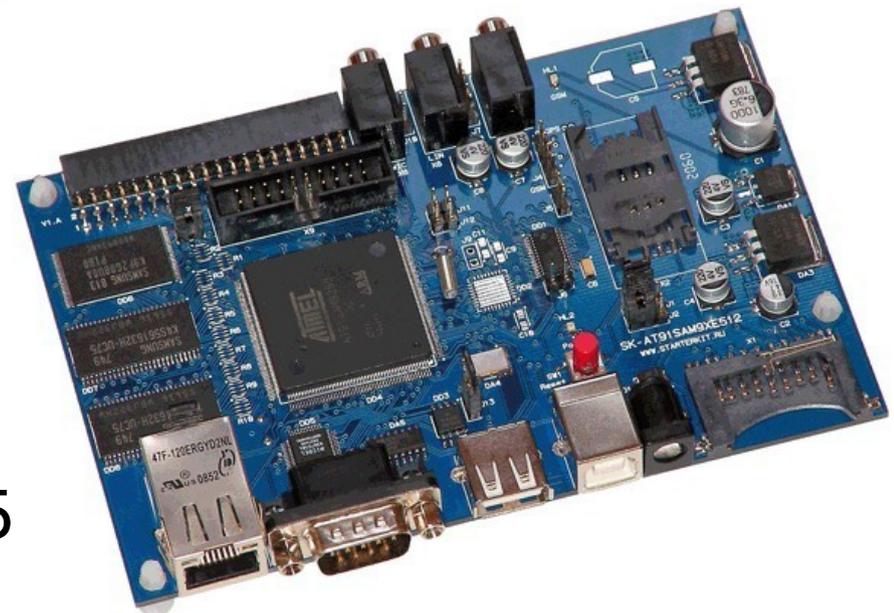
*(и никакой разработки модулей ядра — они в курсе архитектуры ЭВМ)*

# Планы выглядели так:

БГУ:  
BeagleBone  
Black



БрГТУ:  
Atmel  
SAM9G45



# И как же они реализовались?

БГУ:

- ARM Cortex A8 заменен на x86
  - это дало студентам возможность работать самостоятельно
  - исходный код всех работ аппаратно-независим

БрГТУ:

- ARM9 заменен на qemu-system-arm
  - это скорее дало экономию учебных часов

# Инструментарий под GNU/Linux

- В курсе БГУ:
  - GNU toolchain
  - Bash
  - Git
- В курсе БрГТУ
  - Sourcery CodeBench ARM (сборка gcc)
  - QEMU
  - BuildRoot (BusyBox+uBoot)

# Использование QEMU

- `arm-none-linux-gnueabi-as -o add.o add.s`
- `arm-none-linux-gnueabi-ld -Ttext=0x0 -o add.elf add.o`
- `arm-none-linux-gnueabi-objcopy -O binary add.elf add.bin`
- `dd if=/dev/zero of=flash.bin bs=4096 count=4096`
- `dd if=add.bin of=flash.bin bs=4096 conv=notrunc`
- `qemu-system-arm -M connex -pflash flash.bin -nographic -serial /dev/null`
- (qemu) `info registers`  
R00=00000005 R01=00000004 R02=00000009 R03=00000000  
R04=00000000 R05=00000000 R06=00000000 R07=00000000  
R08=00000000 R09=00000000 R10=00000000 R11=00000000  
R12=00000000 R13=00000000 R14=00000000 R15=0000000c  
PSR=400001d3 -Z-- A svc32

# БГУ: темы курсовых проектов

Дистрибутив OpenWRT для одноплатного компьютера

Веб-интерфейс для роутера на базе процессора Freescale

Поддержка SNMP для роутера на базе процессора Freescale

Плагин новостей для медиацентра XBMC

Модуль ядра для реализации PWM на Beaglebone PRU

Реализация настраиваемого генератора частоты на Beaglebone PRU

Добавление опции локальной сборки Linux в Buildroot

Реализация системы шумоподавления и транслирования видео

Реализация системы с минимальным энергопотреблением на базе Beaglebone

# ССЫЛКИ

- <http://wiki.qemu.org>
- <http://buildroot.uclibc.org>
- Материалы к курсу БГУ:  
[https://github.com/d4s/linux\\_courses/tree/master/promwad](https://github.com/d4s/linux_courses/tree/master/promwad)
- Материалы к курсу БрГТУ:  
<http://github.com/fiowro/asm-arm>