

Обзор отечественных процессоров

Антон Бондарев

TechTrain, 2018

Embox

Embox (англ. *Essential toolbox for embedded development*) — свободная операционная система реального времени (RTOS), разрабатываемая для встроенных систем

Agenda

- Вычислительные системы
- Процессорные архитектуры
- Опыт общения с процессорами
 - Мультиклет
 - Мультикор
 - Эльбрус
- Другие российские процессоры

Вычислительные системы

Универсальные

- Десктопы
- Планшеты
- Смартфоны

Специализированные

- Бортовые системы
- Телеком
- АСУ-ТП
- Умная пыль

Рынки

Существующие

- Десктопы
- Планшеты
- Смартфоны

Потенциальные

- IoT
- Smart (houses, cars)
- Big data
- Дополненная реальность
- ...

Позиционирование

- Низкое энергопотребление
- Высокая производительность
- Обработка сигналов
- Специализированные вычисления
- Сетевое взаимодействие
- Радиационная стойкость
- ...

Процессоры

- Intel, ARM
- DSP
- GPU
- ...
- Количество ядер
- Объем памяти
- ...
- CISC
- RISC
- VLIW
- ...
- WiFi
- Камера
- ...

Функциональность

- Пользователи избалованы
- Разработчики избалованы
- Производители избалованы

Функциональность

- Поддержка прикладного ПО
- Поддержка системного ПО
- Поддержка средств разработки

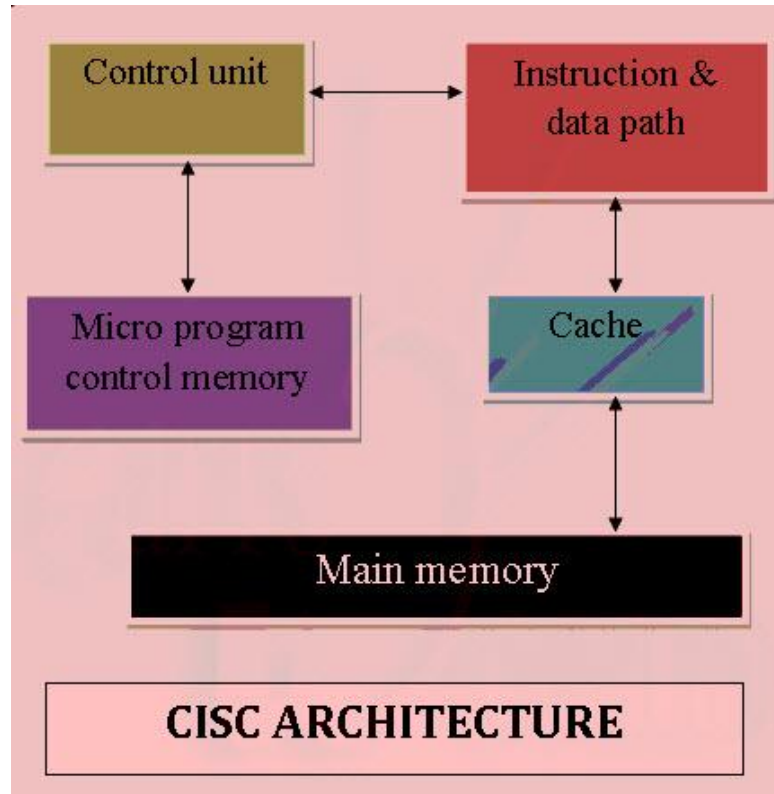
Функциональность

- Переиспользование компонентов
- Переиспользование технологий
- Переиспользование кода
- Соответствие стандартам
- Открытый код
- Открытые стандарты

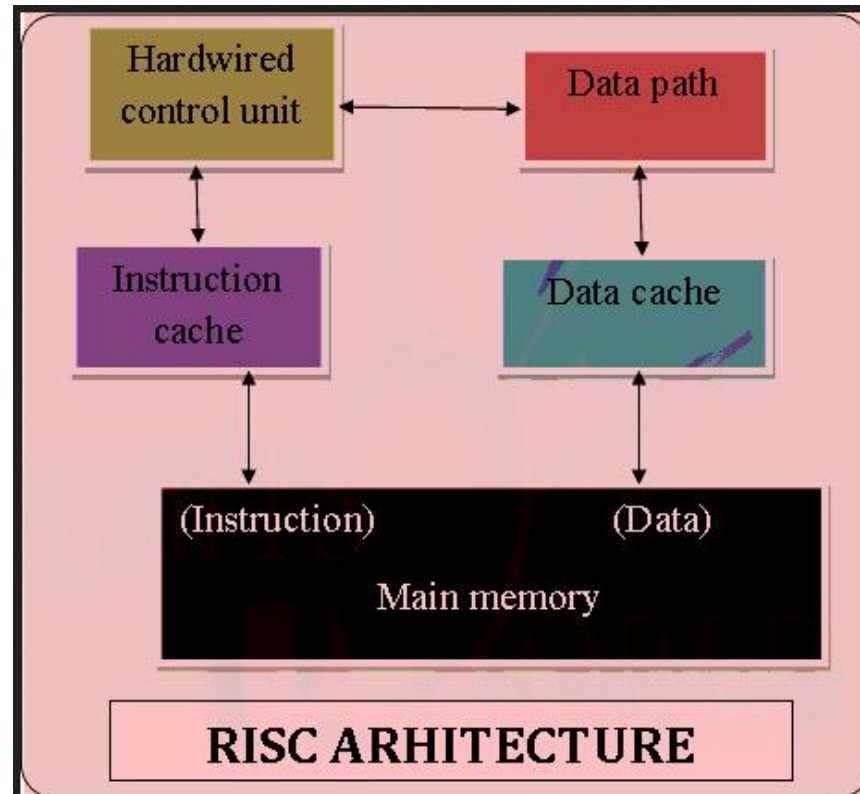
Архитектуры

- CISC - Complex Instruction Set Computing
- RISC - Reduced Instruction Set Computer
- VLIW - Very Long Instruction Word

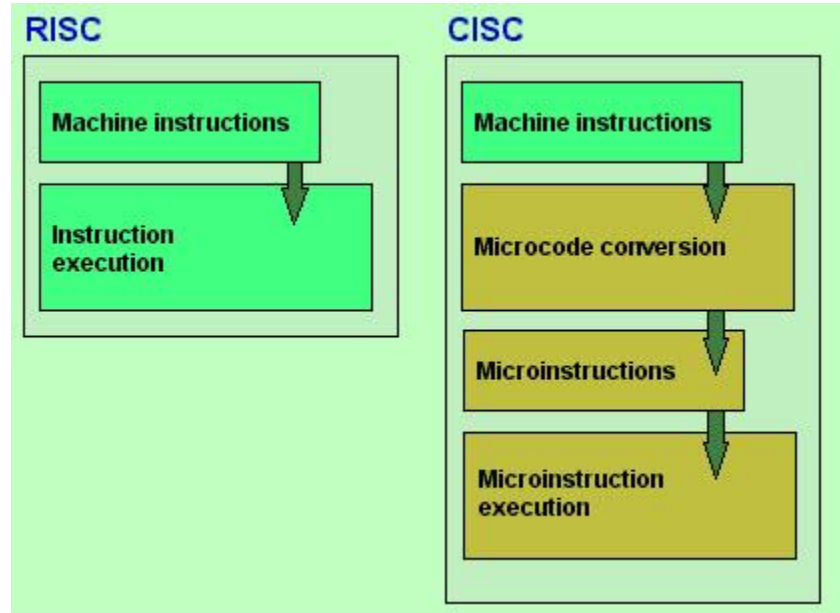
CISC



RISC



RISC vs CISC



RISC vs CISC

CISC	RISC
Emphasis on hardware	Emphasis on software
Multiple instruction sizes and formats	Instructions of same set with few formats
Less registers	Uses more registers
More addressing modes	Fewer addressing modes
Extensive use of microprogramming	Complexity in compiler
Instructions take a varying amount of cycle time	Instructions take one cycle time
Pipelining is difficult	Pipelining is easy

Опыт работы с отечественными процессорами

- Процессор Мультиклет
 - Оригинальная архитектура
 - Попытка переноса ОС Embox
- Процессор Мультикор
 - ARM Cortex-A9
 - Перенос ОС Embox
- Процессор Эльбрус
 - Оригинальная архитектура
 - Процесс переноса ОС Embox

Embox

- Системное ПО
- Кросс-платформенное ПО
- Конфигурируемое ПО
- Низкие требования
- Легко переносимое ПО

Мультиклет

Multiclet — отказоустойчивые **DSP**-процессоры, используемые как **процессоры общего назначения**, спроектированные на базе **MIMD**-архитектуры, получившей название «мультиклеточной». Разрабатываются **ОАО «Мультиклет»**

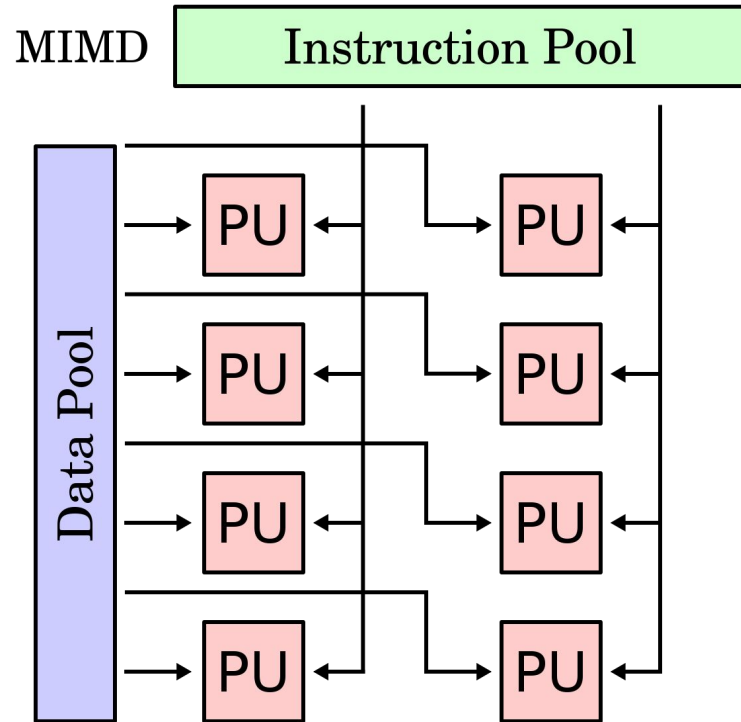
DSP - Digital Signal Processor

- Операция «умножение с накоплением»
- Аппаратная реализация многократного повторения заданного набора команд
- Одновременная выборка команды и двух операндов для максимально быстрого выполнения команды MAC
- ...

MIMD-архитектура

MIMD (англ. *Multiple Instruction stream, Multiple Data stream* — **Множественный поток Команд, Множественный поток Данных**, сокращённо **МКМД**) — концепция архитектуры компьютера, используемая для достижения параллелизма вычислений.

MIMD-архитектура



Мультиклет

- Тип корпуса LQFP-256 28x28 мм
- Тех. процесс 0,18 мкм
- Разрядность 32/64 бит
- Тактовая частота 100 МГц
- Производительность 2,4 Гфлопс
- Потребление 1 ватт

Мультиклет

Сегменты рынка:

Космическое и авиационное оборудование, бортовое оборудование, автомобильная электроника, настольные суперкомпьютеры терафлопсного класса, траст-процессоры «Антихакер» для банковских приложений, приемники ГЛОНАСС/GPS/Galileo, аудиопроцессоры, 3D телевидение, мобильная и видеосвязь, ...

MIMD-архитектура

- Проблема с блокировкой ресурсов
- Требуется поддержка в ядре ОС

Мультиклет

- Компилятор - на базе Исс (поддержка с89)
- Нет поддержки общепринятых расширений
- Ряд проблем с binutils
- Примитивные примеры программ (в основном на ассемблере)

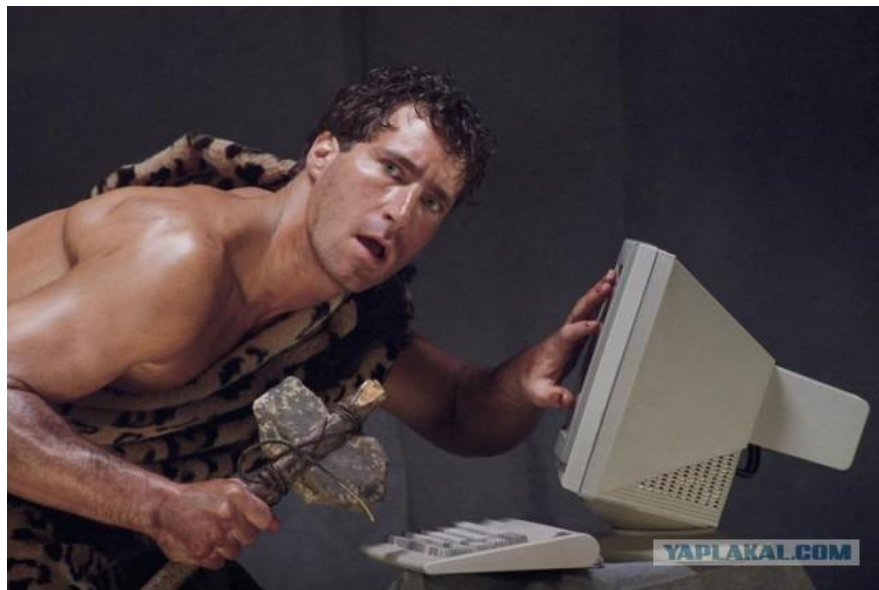
Мультиклет

- Нет нормального отладчика
- Загрузчик укладывает программу по одному адресу
- Нет нормальной документации
- Отсутствует нормальная поддержка
- Отсутствует нормальный эмулятор

Мультиклет

В амбициях у ребят — создание на FPGA 16-клеточного процессора с топологической нормой **45 нм**, быстродействием **18 Gflops** и сверхнизким энергопотреблением для обработки аудио-видеосигналов, а также разработка 64-клеточного процессора по технологии **22 нм**, с производительностью **384 Gflops** для создания настольного суперкомпьютера.

Мультиклет: планы



А чё с этим делать-то будем?

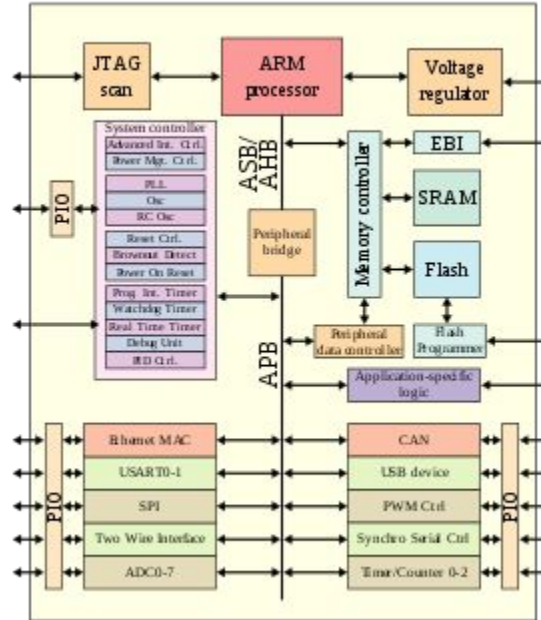
Мультикор

Мультикор (англ. *Multicore*) — серия многоядерных сигнальных микропроцессоров компании «ЭЛВИС» для встраиваемых применений. **Системы на кристалле**, включающие ядра CPU, DSP, специализированные (GPU, видеокодеки) и стандартные интерфейсы ввода-вывода.

Система на кристалле

Система на кристалле (СНК), однокристальная система (англ. *System-on-a-Chip, SoC*) - в микроэлектронике — электронная схема, выполняющая функции целого устройства (например, компьютера) и размещённая на одной интегральной схеме.

System on Chip



Мультикор

- В качестве CPU используются стандартные ядра: MIPS32, ARM Cortex-A9 и другие
- DSP-ядра — оригинальные разработки компании «ЭЛВИС», имеют обозначение ELCore-xx
- Для программирования и отладки используется IDE MCStudio (Multicore Studio)

Мультикор

- Два ядра Cortex-A9 с SIMD сопроцессорами Neon
- Два DSP-ядра Eicore-30M
- Встроенное ядро аппаратно-программного графического акселератора ARM MALI-300
- Ядро аппаратно-программного видео акселератора “VELcore-01”

Мультикор

- Взлетело относительно быстро, поддержка Cortex-A9 уже была.
- Стандартный набор средств разработки (gcc, ...)
- Стандартный загрузчик u-boot
- Периферия стандартная
 - IP-ядра покупные, либо есть документация, либо можно найти драйвера.

Мультикор

- Производительность Cortex-A9
 - single (4-8 FLOPS на цикл)
 - double (1-1.5 FLOPS на цикл)

Эльбрус

Эльбрус 2000 (E2K) — российский микропроцессор с архитектурой VLIW, разработанный компанией МЦСТ. Использует технологию двоичной компиляции для совместимости с платформой x86.

Эльбрус

Процессор Эльбрус-2000 основан на архитектуре ELBRUS (англ. *ExpLicit Basic Resources Utilization Scheduling* — «явное планирование использования основных ресурсов»)

Эльбрус

Пиковая теоретическая производительность 4 ядер в операциях с плавающей запятой составляет около **50 GFLOPS** одинарной точности и **25 GFLOPS** двойной точности.

- Intel Core 2 Duo E6750 (2667 Mhz): 21,336 GFLOPS
- AMD Phenom 9500 sAM2+ (2200 Mhz): 35,2 GFLOPS
- Intel i7 880 (ЦП i7 первого поколения): 49.056 GFLOPS

VLIW

VLIW (англ. *very long instruction word* — «очень длинная машинная команда») — архитектура процессоров с несколькими вычислительными устройствами. Характеризуется тем, что одна инструкция процессора содержит несколько операций, которые должны выполняться параллельно.

VLIW

В процессорах VLIW задача распределения решается во время компиляции и в инструкциях явно указано, какое вычислительное устройство какую команду должно выполнять.

VLIW

- Процессоры TriMedia фирмы Philips
- Семейство DSP C6000 фирмы Texas Instruments
- Intel Itanium имеет 64-битную систему команд EPIC-процессора с явным параллелизмом
- Видеопроцессоры AMD/ATI Radeon начиная с R600 и до Northern Islands
- Мультимедийный сопроцессоры Hexagon (QDSP6) фирмы Qualcomm

Эльбрус

- Закрытая архитектуры
- После подписания NDA можно получить компилятор, документацию по командам и симулятор.
 - Документация в текстовом формате
 - Симулятор без периферии
 - C-компилятор lcc, совместимый с gcc

Эльбрус

- ОС Эльбрус
 - Debian
 - Есть rt-патчи ядра
- Альт-Линукс
- Другие ОС, прежде всего ОС реального времени

Производительность

- Мультиклет: **2.4 GFLOP**
- Мультикор (2 ядра ARM Cortex-a9): **2 GFLOPS**
- Эльбрус 4С: **50 GFLOP**
- Intel® Core™ Solo Processor U1400: **1.8 GFLOPS**
- Intel® Core™ i9-7980XE: **1152 GFLOPS**

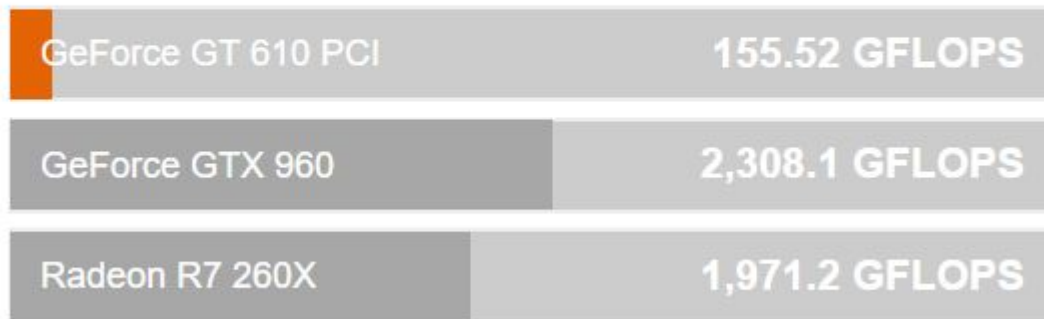
Производительность

- Эльбрус 8С (8 ядер): **250 GFLOPS**
- Эльбрус 16С (16 ядер): **1500 GFLOP**
- Intel® Core™ i9-7980XE (18 ядер): **1152 GFLOPS**

Производительность

Floating Point Performance

How fast the gpu can crunch numbers



ASIC

- **ASIC** - *application-specific integrated circuit*, «интегральная схема специального назначения» — интегральная схема, специализированная для решения конкретной задачи
- Примером ASIC может являться микросхема, разработанная исключительно для управления мобильным телефоном, микросхемы аппаратного кодирования/декодирования аудио- и видеосигналов (сигнальные процессоры)

Архитектуры

- CISC - *Complex Instruction Set Computing*
 - x86, мейнфреймы zSeries, Motorola MC680x0
- RISC - *reduced instruction set computer*
 - ARM, PPC, MIPS, SPARC, ...
- VLIW - *very long instruction word*
 - DSP, GPU, Itanium

Другие производители РФ

- МЦСТ — собственная реализация SPARC-архитектуры
- НИИСИ РАН — собственная реализация MIPS-архитектуры
- Миландр — копия STM32
- Байкал Электроникс — покупные IP-ядра, включая MIPS32 и ARM64

Технологический процесс

- 130 nm – 2001
- 90 nm – 2004
- 65 nm – 2006
- 45 nm – 2008
- 32 nm – 2010
- 22 nm – 2012
- 14 nm – 2014
- ...

Технологический процесс

- Эльбрус 8с: 28 нм
- Эльбрус 16с: 16 нм

Технологический процесс

- Интел: передовой тех. процесс
- ARM: не выпускает процессоры, а продает лицензированные IP-ядра

Успех процессора

- x86
 - открытый стандарт IBM-PC
 - поддержка ПО
- ARM
 - Открытый стандарт
 - поддержка ПО
 - специализированность (энергопотребление)

Успех процессора

- Массовость
- Рынок сбыта
- Специализированность
 - Умение эффективно выполнять целевую функцию
- Развитая инфраструктура
 - Средства разработки
 - Системное ПО
 - Прикладное ПО
- Специалисты

Успех процессора

- Мультиклет - выпустил компилятор на основе LLVM
- МЦСТ - открыли исходники ядра Линукс
- ...

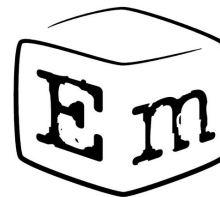
Микропроцессоры РФ

	Микропроцессоры России	[скрыть]
«Миландр»	Lynx (1967BH028 • 1967BH034)	
«Байкал Электроникс»	ARM64 (Baikal-M • Baikal-M/S • Baikal-S) • MIPS32 (Baikal-T1)	
НПЦ «ЭЛВИС»	MIPS32 + DSP (серия Мультикор 1892BMxx • NVCom-02T • MC-0428 • MC-24 • MC-12) • Радиационно-стойкие MIPS32 + DSP (MC-30SF6 • MCT-03P • MC-24R) • ARM32 + DSP (MCom-02)	
«ЭЛВИС-НеоТек»	ARM32 (VIP-1)	
НИИСИ	MIPS (КОМДИВ-32 • КОМДИВ-64)	
Юникор микросистемы	RISC + DSP (ЦПУ «Орхидея» (UNC320))	
Ангстрем	LSI-11 (1806BM) • VAX-11 (Л1839BM1) • MIPS32 (1876BM)	
НИИМА «Прогресс»	RISC + DSP (УНИКОН)	
НТЦ «Модуль»	ARM + DSP (NeuroMatrix)	
МЦСТ	SPARC64 (МЦСТ-R100 • МЦСТ-R150 • МЦСТ-R500 • МЦСТ-R500S • МЦСТ-R1000 • МЦСТ-R2000) • Эльбрус64 (Эльбрус-2000 • Эльбрус-S • Эльбрус-4C • Эльбрус-1C+ • Эльбрус-8C • Эльбрус-16C) • Эльбрус64 + DSP: (Эльбрус-2C+)	
Технофорт	Спецпроцессор (Дофин-1610 • ТФ-16)	
«Мультиклет»	Мультиклеточный чип (MULTICLET P1 • MULTICLET R1-1)	
КМ211	RISC (КВАПК)	
MALT system	MALT (MALT-C • MALT-D • MALT-F)	
Syntacore	RISC-V (SCR1 • SCR3 • SCR4 • SCR5)	
CloudBEAR	RISC-V (BM350 RV32IMAFC • BI651-MC RV64IMAFD)	

Ссылки

- Мультиклет
 - <https://habr.com/company/embox/blog/265059/>
- Мультикор
 - <https://habr.com/company/embox/blog/329170/>
- Эльбрус
 - <https://habr.com/company/embox/blog/421441/>

Контакты



Страница проекта



<http://embox.github.io>

Репозиторий проекта

<https://github.com/embox/>



Антон Бондарев

anton.bondarev2310@gmail.com