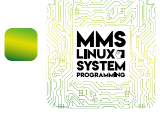
Системно програмиране за Линукс

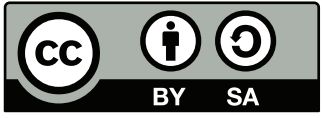
Операционни системи: предназначение и организация

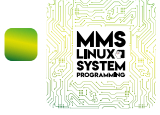
Ангел Чолаков

MMSolutions
A ThunderSoft Company

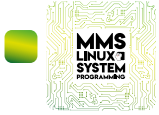
19.03.2021г.





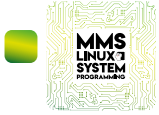


Съдържание I



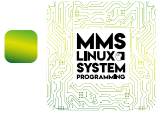
Въведение

- Какво е операционна система?
  - неделима част от програмното осигуряване на една компютърна система;
  - грижи се за управлението на системните ресурси и обезпечаването на среда за потребителско взаимодействие.



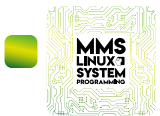
Цел на презентацията

- Да опита да поясни:
  - как се дефинира понятието ОС;
  - какви са основните цели в процеса на разработка на ОС;
  - какво е различието между политика и механизъм;
  - посочи разновидности ОС според заложените политики и механизми;
  - очертае структурната организация на Линукс ядрото;
  - постави основите на автоматизиране на процеси по създаване на приложения с GNU Make

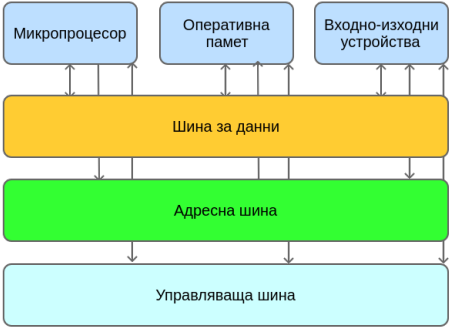


Исторически етапи в разработката на ОС

- Предназначение на **монитор** програмата
  - зареди в паметта програмни задания;
  - стартира изпълнението им и изведе резултат;
- Еволюционно развитие
  - мониторът се преработва из основи и се разраства съобразно символните машинни езици;
  - вграждат се редица функции по обработка на системни прекъсвания, поддържане на многозадачен режим на работа и управление на паметта;
  - програмното обезпечаване се допълва чрез колекция системни приложения: **компилатор**, **свързващ редактор** и **интерактивен интерпретатор** на команди



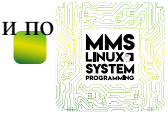
Илюстрация на Фон-Нойманова архитектура



pic. based on work by W. Nowicki, CC BY-SA 3.0 via Wikimedia Commons

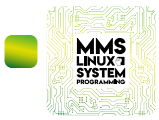
Дефиниция на ОС

- От гледната точка на **системните архитекти**:
  - подсигурява управлението на привързаните хардуерни компоненти посредством драйвери (подсистеми в състава на ОС, които се третират като форма на комуникационен и управляващ интерфейс);
  - менажира и координира достъпа до наличните ресурси, като предоставя механизми за арбитраж и решаване на конфликти;
  - подсигурява среда за последователно или паралелно изпълнение на множество потребителски задачи, наречени процеси;
  - гарантира изолация между програмите и данните на различните потребители - както по отношение на адресното пространство, така и по отношение на правомощията за достъп



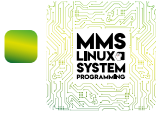
Дефиниция на ОС

- От гледната точка на **потребителите**:
  - ядро и колекция от свързани системни програми;
  - ядрото се възприема като контролна програма, чието изпълнение е непрекъснато и жизненоважно за стартирането и управлението на системни и потребителски задачи;
  - изпълняваните приложни програми се възползват от функциите на операционната система посредством програмни интерфейси и системни библиотеки-посредници;

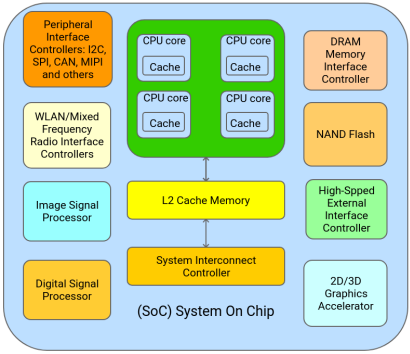


Режими на работа със системните ресурси

- **Привилегирован**:
  - kernel mode - режим на ядрото, в който се позволява работа с пълния набор ресурси и достъпът до физическата памет е без ограничения;
- **Потребителски**:
  - user mode, при който всеки процес се изпълнява в заделена и изолирана област от паметта без директен достъп до функционалността на хардуера;



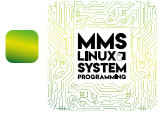
ОС в контекста на една вградена система днес



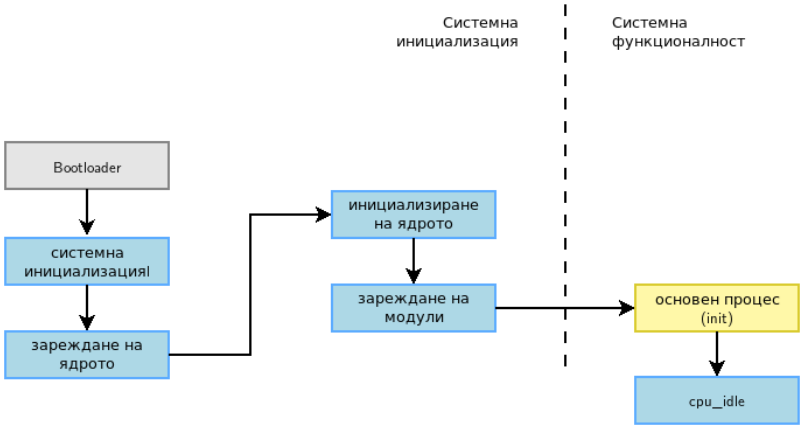
pic. based on publicly available ARM-based SoC descriptions, e.g.: `https://en.wikipedia.org/wiki/ARM_Cortex-A7`

Струтктура на една система върху чип (SoC)

- Основни блокове:
  - микропроцесорен блок (обикновено RISC-базиран) с няколко процесорни ядра;
  - блок, който подсигурява бърз вторичен кеш;
  - контролер за управление на паметта (MMU + DRAM controller);
  - бърза системна шина с поддръжка за динамично управление на захранването и тактовите честоти на отделните функционални звена;
  - графичен процесор за ускоряване на работата с приложения, свързани с тримерна графика (GPU);
  - опционален копроцесор за обработка на двумерни изображения и камера сензори (ISP);
  - опционален копроцесор за обработка на цифрови сигнали - за целите на аудио/видео обработки, кодеци и др. (DSP);
  - периферни контролери за менажиране на разнообразни входно-изходни физически интерфейси като I2C, SPI, USB и др.;
  - малък блок EPROM/FLASH памет за съхранение на конфигурационни данни;
  - други специализирани блокове за обезпечаване на телекомуникационни функции;



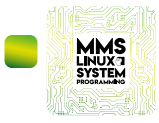
Последователност по стартиране (bootstrapping)



pic. based on `https://bootlin.com/doc/legacy/kernel-init/src/` by Bootlin, CC BY-SA 3.0, 2004-2018

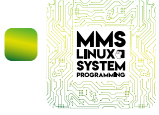
Цели при разработката на ОС

- От страна на **системните разработчици**:
  - модулна структура и функционално разделяне на отделни специализирани блокове;
  - ясно дефиниране на интерфейса за всеки един от тези блокове;
  - осигуряване на механизми за сигурен обмен на данни;
  - възможности за конфигуриране на системата и гъвкаво надграждане с нови модули;
  - наличие на механизми за мониторинг и отстраняване на дефекти;



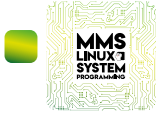
Цели при разработката на ОС

- От страна на **потребителите**:
  - постигане на оптимално оползотворяване на машинните ресурси и максимална производителност;
  - лекота при употреба в процеса на интерактивно взаимодействие;
  - обезпечаване на надеждна и сигурна работа с минимум проявяващи се дефекти;



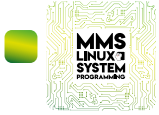
Политика и механизъм

- **Политика**
  - указва как се изменя и адаптира поведението на съставните блокове;
- **Механизъм**
  - описва как се реализира дадената цел или политика (визира се програмното описание)



Разновидности ОС: Компактни

- Характеристики:
  - характеризират се с резидентен управляващ процес;
  - притежават тясно специализирана логика;
  - разполагат с фиксиран набор механизми на контрол;
  - често пъти липсва и възможност за многозадачна и многопотребителска работа

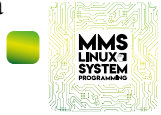


Компактни ОС: организация

pic. inspired by `http://en.wikipedia.org/wiki/Image:OS-structure.svg` by Golftheman

Разновидности ОС: Монолитни

- Характеристики:
  - работят в привилегирован режим на процесора и поемат подсигуряването на всички системни функции;
  - достъпът от страна на приложенията до така предоставяните услуги става чрез подробно описан системен интерфейс и библиотеки-посредници. Чрез последните приложенията могат да отправят заявките си под формата на системни извиквания, които ОС обработва;
  - приложенията се развиват в отделна област от паметта и не споделят непосредствено адресно пространство с процесите на операционната система;



Монолитни ОС: организация

pic. inspired by `http://en.wikipedia.org/wiki/Image:OS-structure.svg` by Golftheman

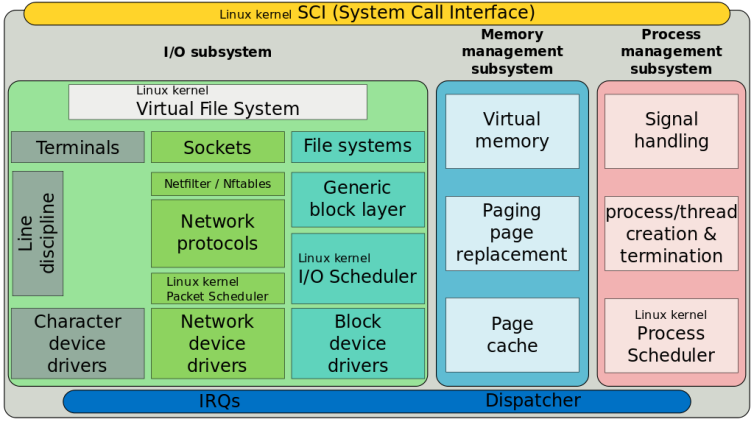
Разновидности ОС: С микроядро

- Характеристики:
  - на микроядрото е поверено само обслужването на най-важните системни функции като управление на паметта, менажиране на процеси и междупроцесна комуникация;
  - останалите подсистеми на ОС, включително драйверите за обслужване на периферията, са изнесени извън ядрото под формата на отделни потребителски процеси, които общуват, като разменят съобщения помежду си;
  - отработването на потребителските заявки става посредством непрекъсната размяна на съобщения и обикновено това може да се окаже тясно място в оценката на производителността;

ОС с микроядро: организация

pic. inspired by `http://en.wikipedia.org/wiki/Image:OS-structure.svg` by Golftheman

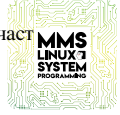
Структура на Линукс ядрото



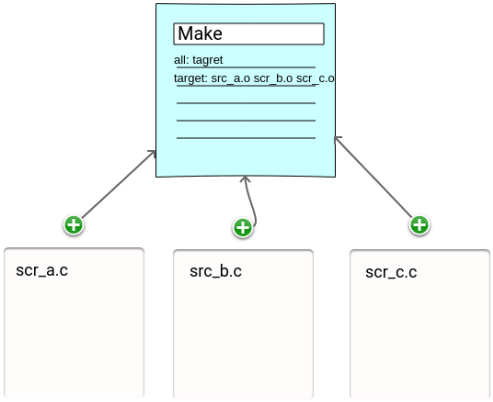
pic. by ScotXW, CC BY-SA 4.0 via Wikimedia Commons

Структура на Линукс ядрото

- Основни подсистеми:
  - **интерфейсът на системните извиквания** (SCI) - играе ролята на посредник в комуникацията с приложенията. Той спомага за предоставяне на достъп на приложенията до услугите на ОС;
  - **диспечерът на процеси** - той е отговорен за изпълнението на системните задачи и процесите, представящи потребителски задания;
  - **подсистема за управление на паметта** - често пъти обвързана с концепцията за виртуална памет и нейното динамично управление;
  - **мрежова подсистема** - обезпечава функции по транспорт и обмяна на съобщения посредством мрежови комуникационни интерфейси;
  - **файлова подсистема** - грижи се както за детекция и управление на блоково-ориентирани входно-изходни устройства, така и за форматирането на заявките за работа с файлови структури;
  - **архитектурна и платформена подсистема** - подсигурява машинна поддръжка за дадена процесорна архитектура;
  - **колекция периферни и платформени драйвери** - грижат се за управлението на хардуерната част на ниско ниво и взаимодействието с различни физически устройства



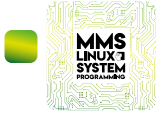
Практическа секция: Първи стъпки с GNU Make



pic. based on public GNU Make documentation

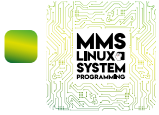
Как е организирано изграждането на софтуерни проекти?

- Детайлно описание на:
  - списъка от файлове, които представляват изходния код на един софтуерен проект;
  - групирането на тези файлове в поддиректории и логическата йерархия помежду им;
  - условни зависимости и параметри, повлияващи изходния резултат;
  - указване на инструментите, които участват в процедурата по изграждане на проекта и съпътстващите управляващи настройки на средата



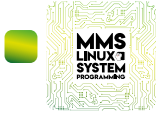
Характеристики на GNU Make

- **С приложение**, което:
  - прочита, обработва и изпълнява набор от команди, разкриващи структурата на един проект и стъпките по генерирането на изпълним код;
  - е способно да проследява изменения в изходния код;
  - изпълнява само тези последователности от операции, които имат връзка с направените изменения;
  - разчита на декларативен макро подобен скриптов език за описание на управляващите обработки



GNU Make: синтаксис

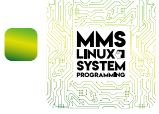
- Особености:
  - използва се **декларативен език**, чрез който се описват поредица от задачи;
  - всяка задача е представена чрез посочване на текстови идентификатор, наречен **цел (target)** и списък от **зависимости (подзадачи)**;
  - операциите, които обозначават дадена задача, се изреждат под формата на поредица от текстови команди непосредствено след посочване на целта;
  - съставните операции в рамките на една задача се разграничават синтактично с помощта на символ за табулация



Нашият първи Makefile

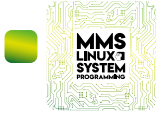
Makefile

```
hello:
	@echo "Hello Make!"
```



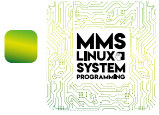
GNU Make: механика на парсване

- Особености:
  - парсването е организирано на **два етапа**;
  - **първата фаза** включва обработка на изразите, присвоявани на променливи и разчитане на задачите;
  - резултат от тази първа фаза е **граф на зависимостите**;
  - **втората фаза** използва междинните вътрешни данни от предходната, за да определи кои задачи и съставни операции да бъдат изпълнени



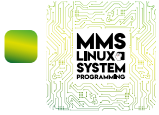
GNU Make: изпълнение

- Същност на механизма:
  1. **парсване** съгласно описания ред;
  2. **изпълнение** на задачите според графа на зависимостите;
  3. за всяка операция на отделен ред в рамките на задача се стартира нова инстанция на командния интерпретатор (shell);
  4. разширяване на зависимите стойности за динамично определяни променливи в процеса на изпълнение;



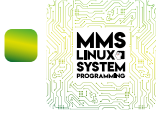
GNU Make: грешки по време на изпълнение

- Подход:
  - при наличие на грешка изпълнението на текущата задача се прекъсва;
  - при наличие на грешка, ако не е указано друго за конкретна операция, **make преустановява изпълнението** на останалите неизпълнени задачи и връща код за грешка;
  - ако резултатът от дадена съставна операция не е определящ, евентуална грешка може да се игнорира чрез ”**-**” в началото на ред



GNU Make: синтаксис

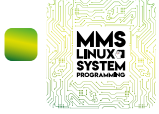
- Основни типове задачи:
  - такива, пряко свързани с наличието на сорс файлове;
  - процедурни, при които не е необходимо да се посочват зависими файлове .PHONY;
  - задачи по подразбиране .DEFAULT_GOAL



Нека да добавим още задачи

Makefile

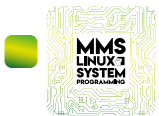
```
hello:
	@echo "Hello Make"

create:
	@echo "Create a .c file, if it does not exist!"
	touch test.c

clean:
	@echo "Cleaning test.c file"
	-rm -f *.c
```



Избор на задача по подразбиране

Makefile

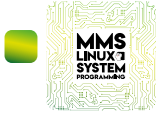
```
.DEFAULT_GOAL := create
.PHONY: all hello create clean

all: hello

hello:
	@echo "Hello Make"

create:
	@echo "Create a .c file, if it does not exist!"
	touch test.c

clean:
	@echo "Cleaning test.c file"
	rm *.c
```



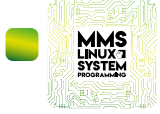
Първи Makefile за компилиране на C програма

Makefile

```
.PHONY = all clean

# The default target relates to the
# test executable we want to generate
all: test

# Rule to compile the test executable
test: test.c test.h
	@echo "Compiling output"
	gcc -o test -lm test.c test.h

# Rule to clean the generated files
clean:
	@echo "Cleaning the test app"
	-rm -f test test.o
```

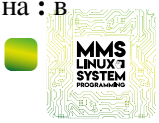


А има ли начин да сме по-ефикасни?



GNU Make: синтаксис

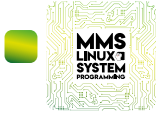
- **Променливи**:
  - рекурсивно представяни **CC = gcc**;
  - такива, при които рекурсивни референции са забранени **CC := gcc**
- **Някои специални такива**:
  - **CC**: указва програма за компилиране;
  - **CFALGS**: указва флагове, ползвани при компилация;
  - **LIBS**: обозначава свързани библиотечни референции;
  - **$@**: обозначава обекта отляво на **:** в едно правило;
  - **$<**: обозначава първия елемент от списъка със зависимости отдясно на **:** в едно правило;
  - **$^**: обозначана всички елементи в списъка със зависимости



Примерен Makefile с променливи

Makefile

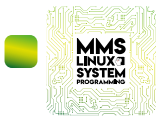
```
.PHONY = all clean
CC = gcc
LFLAGS = -lm

test: test.o
	@echo "Compiling output"
	${CC} ${LFLAGS} $< -o $@

test.o: test.c test.h
	@echo "Creating object files"
	${CC} -c $<

clean:
	@echo "Cleaning buld products"
	-rm -vf test.o test
```



По-сложен пример за компилиране на C програма

Makefile

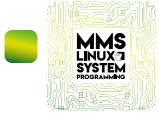
```
.PHONY = all clean

CC = gcc
LFLAGS = -lm

SRC_LIST := $(wildcard *.c)
OBJ := $(SRC_LIST:%.c=%.o)
OUT := $(SRC_LIST:%.c=%)

all: ${OUT}
```



Компилиране на C програма: продължение

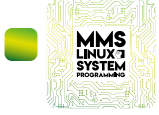
Makefile

```
${OUT}: ${OBJ}
        @echo "Compile final output"
        ${CC} ${LFLAGS} $< -o $@

${OBJ}: ${SRC_LIST}
        @echo "Produce object files"
        ${CC} -c $<

clean:
        @echo "Performing cleanup"
        -rm -vf *.o ${OUT}
```



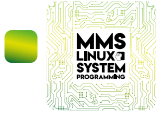
GNU Make

Това са само начални напътствия. Има още много възможности и функционалност, описана в документацията.



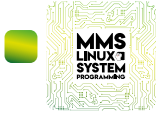
Бележки по материалите и изложението

- материалът е изготвен с образователна цел;
- съставителите не носят отговорност относно употребата и евентуални последствия;
- съставителите се стремят да използват публично достъпни източници на информация и разчитат на достоверността и статута на прилаганите или реферирани материали;
- текстът може да съдържа наименования на корпорации, продукти и/или графични изображения (изобразяващи продукти), които може да са търговска марка или предмет на авторско право - ексклузивна собственост на съотнесените лица;
- референциите могат да бъдат обект на други лицензи и лицензни ограничения;
- съставителите не претендират за пълнота, определено ниво на качество и конкретна пригодност на изложението;
- съставителите не носят отговорност и за допуснати фактологически или други неточности;
- свободни сте да създавате и разпространявате копия съгласно посочения лиценз;



Референции към полезни източници на информация

- https://en.wikipedia.org/
- https://en.wikipedia.org/wiki/Bootstrapping
- https://en.wikipedia.org/wiki/CPU_modes
- https://en.wikipedia.org/wiki/System_on_a_chip
- https://en.wikipedia.org/wiki/Separation_of_mechanism_and_policy
- https://en.wikipedia.org/wiki/Monolithic_kernel
- https://en.wikipedia.org/wiki/Microkernel
- https://en.wikipedia.org/wiki/Linux_kernel
- https://en.wikipedia.org/wiki/System_call
- https://www.gnu.org/software/make/manual/
- https://www.cs.colby.edu/maxwell/courses/tutorials/maketutor/
- https://search.creativecommons.org/



Благодаря Ви за вниманието!