

# Структура на компютърните системи

Любомир Чорбаджиев    Христо Иванов <sup>1</sup>  
hivanov@elsys-bg.org

<sup>1</sup>Технологическо училище “Електронни системи”  
Технически университет, София

21 октомври 2020 г.



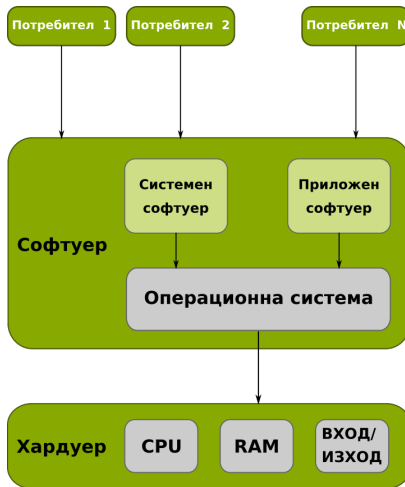
# Съдържание

- 1 **Въведение**
  - Структура на компютърна система
- 2 **Основни хардуерни елементи на компютърната система**
- 3 **Централен процесор**
- 4 **Входно/изходни устройства**
  - Управление на периферните устройства
  - Обработка на прекъсванията
- 5 **Памет**
- 6 **Хардуерна поддръжка на операционната система**

# Структура на компютърната система

- Компютърната система може да бъде разделена на четири основни компоненти:
  - Хардуер – предоставя основните изчислителни ресурси: процесор, памет, входно/изходни устройства.
  - Операционна система – контролира и координира използването на хардуера между различните приложения и потребители.
  - Приложни програми – предоставят средства за използване на изчислителните ресурси на компютъра за решаване на конкретни изчислителни проблеми.

# Структура на компютърната система

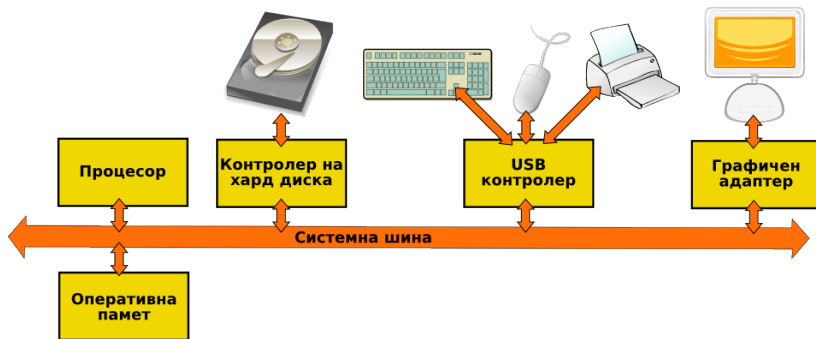


**Фигура:** Обща структура на компютърна система

# Основни хардуерни елементи на компютърната система

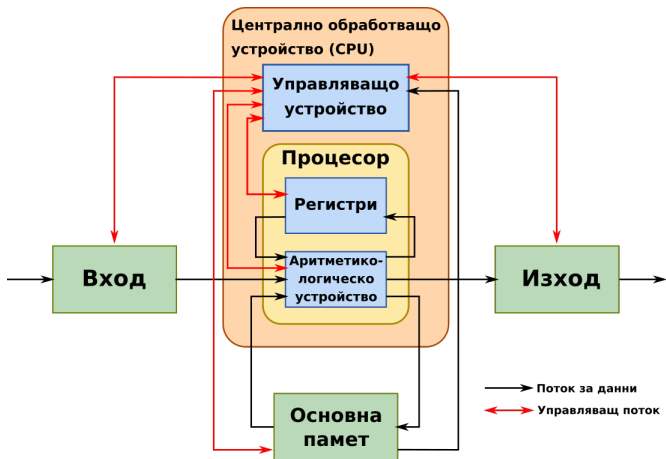
- Централен процесор.
- Оперативна памет - Random Access Memory (RAM).
  - Много бърза, но енерго**зависима**.
- Входно/изходни устройства.
  - Външни запаметяващи устройства - бавни, но енерго**независими**.
  - Комуникационни и мрежови устройства.
  - Терминали.
- Системна шина.
  - Осъществява връзката между процесора, паметта и входно/изходните устройства.

# Основни хардуерни елементи на компютърната система



**Фигура:** Структура на компютърна система

# Централен процесор



**Фигура:** Опростена структура на процесор (по von Neumann)

# Централен процесор

- Процесорът изпълнява инструкциите на програмата.
- Инструкциите на програмата и данните се съхраняват в оперативната памет.
- *Управляващото устройство (Control Unit, CU)* управлява частите на процесора: вход/изход, памет, ALU в зависимост от постъпилите инструкции.
- Регистрите на процесора са високоскоростна памет, разположена в самия процесор.
- Данните трябва да са в регистрите на процесора, за да може *аритметико-логическото устройство (Arithmetic logic unit, ALU)* да ги обработва.
- За да се изпълни дадена инструкция тя първо трябва да се *извлече (fetch)* и *декодира (decode)*.



# Регистри на процесора

- Регистри с общо предназначение (потребителски).
  - Достъпни са за всички програми.
- Контролни регистри (вътрешни).
  - Използват се от процесора за да контролират работата му.
  - Използват се от операционната система за да контролират изпълнението на приложните програми.

# Регистри с общо предназначение

- Достъпни са за всички програми.
- Могат да се адресират като се използва асемблер.
- Има два основни типа:
  - Регистри за данни.
  - Адресни регистри:
    - Използват се за реализация на различни схеми за адресация.
    - Индексен, сегментен, указател на стека.

# Регистри с общо предназначение - пример за асемблер

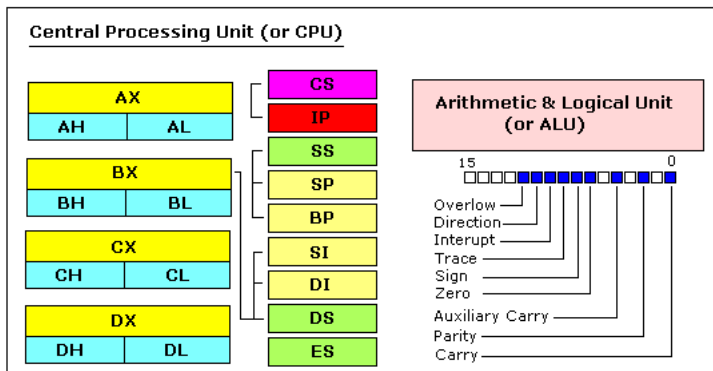
```
.model tiny          ; com program
.code               ; code segment
org 100h           ; code starts at offset 100h

main proc near
    mov ah,09h      ; function to display a string
    mov dx,offset message ; offset ofMessage string terminator
    int 21h         ; dos interrupt
    mov ah,4ch      ; function to terminate
    mov al,00
    int 21h         ; Dos Interrupt
endp
message db "Hello World $" ; Message to be displayed terminator
end main
```

# Контролни регистри

- Не са достъпни директно.
- Програмен брояч (Program Counter – PC).
  - Съдържа адреса на следващата инструкция, която трябва да бъде извлечена.
- Регистър за инструкция (Instruction Register – IR).
  - Съдържа последната извлечена от паметта инструкция.
- Регистър на състоянието (Program Status Word – PSW).
  - Резултат от сравнения.
  - Разрешаване и забрана на прекъсванията.
  - Потребителски режим и защитен режим на процесора.

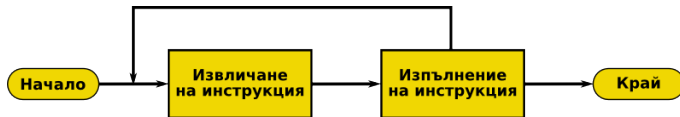
# Контролни регистри и регистри с общо предназначение



**Фигура:** Примерна схема на регистри на процесор 8086

# Извличане и изпълнение на инструкции

- Процесорът извлича инструкции от оперативната памет.
- Програмният брояч (PC) съдържа адреса на инструкцията, която трябва да бъде извлечена.
- След всяко извличане на инструкцията, програмния брояч се увеличава.
- Извлечената инструкция се съхранява в регистъра за инструкции.



**Фигура:** Основен цикъл за изпълнение на инструкции

# Управление на периферните устройства

- Има няколко начина за управление на входно/изходните устройства от процесора:
  - Синхронно изпълнение на входно/изходните операции (Programmed IO).
  - Асинхронно изпълнение на входно/изходните операции (Interrupt-Driven IO).
  - Пряк достъп до паметта (Direct Memory Access).

# Синхронно изпълнение на I/O

- Процесорът се обръща към контролера на входно/изходното устройство и подава заявка за извършване на операцията.
- Входно/изходната операция се извършва от контролера на устройството.
- Процесора трябва постоянно проверява за състоянието на операцията, докато тя завърши.





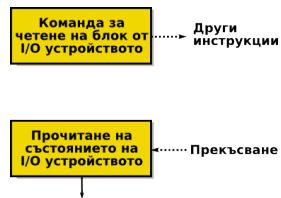
# Асинхронно изпълнение на I/O

- Процесорът се обръща към контролера на входно/изходното устройство и подава заявка за извършване на операцията.
- След подаване на заявката, процесорът е свободен да се занимава с други задачи.
- Когато изпълнението на операцията завърши, контролерът на входно/изходното устройство *прекъсва* работата на процесора.
- Процесорът трябва да прехвърли данните от буферите на контролера в оперативната памет или регистрите си.



# Пряк достъп до паметта

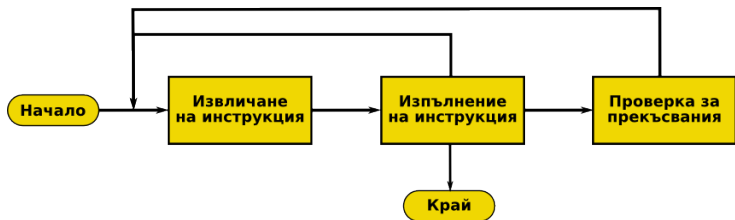
- Чете блокове от данни директно в оперативната памет.
- Работата на процесора се прекъсва когато целият блок от данни е прочетен и копиран в оперативната памет.
- Процесорът не се занимава с копиране на данните от буфера на устройството в оперативната памет.



# Обработка на прекъсванията

- Прекъсват нормалната последователност на изпълнение на команди от процесора.
- Прекъсването предава управлението на функцията за обработване на прекъсването.
- Прекъсването на обработваното задание става по такъв начин, че да е възможно възстановяване на неговата обработка.
- Операционната система запазва състоянието на процесора като запазва регистрите, програмния брояч и т.н.
- Определя какъв е видът на прекъсването и къде точно трябва да се предаде управлението за да се обработи възникналото прекъсване.

# Цикъл за обработка на прекъсванията



**Фигура:** Цикъл за обработка на прекъсванията

# Видове прекъсвания

- Външни прекъсвания - генерират се извън CPU, асинхронни
  - Прекъсвания от таймер.
  - Прекъсвания от входно/изходните устройства.
  - Прекъсвания предизвикани от повреди в хардуера.
- Вътрешни прекъсвания - свързани с работата на CPU, синхронни
  - Софтуерни прекъсвания (trap):
    - препълване при аритметични операции;
    - делене на нула;
    - изпълнение на неправилна инструкция;
    - опит за достъп до защитена част от паметта.

# Обработка на много прекъсвания

- Последователна обработка на множество прекъсвания:
  - Прекъсванията се забраняват докато процесорът не завърши обработката на текущото прекъсване.
  - Възникналите нови прекъсвания чакат процесора да разреши обработката на прекъсвания.
  - След като функцията за обработка на прекъсването завърши, процесорът проверява за нови прекъсвания.
- Обработка на множество прекъсвания с приоритети.
  - Прекъсванията с по-висок приоритет могат да предизвикат прекъсване на функцията за обработка на прекъсвания с по-нисък приоритет.

# Пряк достъп до паметта (Direct Memory Access, DMA)

- Прекият достъп до паметта съществено подобрява скоростта на трансфер на данни между входно/изходните устройства и оперативната памет.
- Типично прекият достъп до паметта (DMA) се използва от бързи входно изходни устройства – твърди дискове, мрежови контролери и т.н.
- Контролерът на устройството прехвърля блок от данни директно в/от оперативната памет без намеса на централния процесор.
- Генерира се само едно прекъсване за целия блок от данни.

# Основни видове памет

- Оперативна памет.
  - Процесора може да работи директно с оперативната памет.
  - Типично оперативната памет е енергозависима.
  - Процесорът има достъп до клетките на паметта в произволен ред (не е нужно да я прочита последователно).
- Външни запомнящи устройства.
  - Може да съхраняват по-големи обеми от данни при по-ниска цена.
  - Енергонезависима памет.
  - Скоростта на достъп до данните типично е с порядъци по-малка сравнена с оперативната памет.
- Процесорен кеш.
  - Процесорът работи директно с нея, без да минава през системната шина.
  - Използва се за съхранение на често използвани данни от оперативната памет.
  - Организиран е на няколко нива (L1, L2, L3,...), подредени по скорост и размер: (по-малка, по-бърза) към (по-голяма, по-бавна).



# Йерархия на видовете памет



Фигура: Йерархия на паметта

# Сравнение на видовете памет

## A Typical Memory Hierarchy

- Everything is a cache for something else...

		Access time	Capacity	Managed By
On the datapath	Registers	1 cycle	1 KB	Software/Compiler
	Level 1 Cache	2-4 cycles	32 KB	Hardware
	Level 2 Cache	10 cycles	256 KB	Hardware
On chip	Level 3 Cache	40 cycles	10 MB	Hardware
Other chips	Main Memory	200 cycles	10 GB	Software/OS
	Flash Drive	10-100us	100 GB	Software/OS
Mechanical devices	Hard Disk	10ms	1 TB	Software/OS

**Фигура:** Сравнителна таблица по скорост и капацитет на видове памет

# Кеширане

- Важен принцип, който се реализира на различни нива в компютърната система (на хардуерно ниво, в операционната система, в приложните програми).
- Използваната информация временно се копира от по-бавно в по-бързо запомнящо устройство.
- Когато има нужда от дадена информация, първо се проверява кеша.
  - Ако нужната информация е налична в кеша, то директно се използва тя.
  - Ако не, информацията първо се копира в кеша, и след това се чете от там.
- Кешът е по-малък от паметта, която се кешира.
  - Политика за управление на кеша.
  - Политика за обновяване на кеша.

# Хардуерна поддръжка на ОС

- Компютърните системи съдържат хардуерни механизми, които:
  - позволяват на операционната система да изпълнява основните си функции бързо;
  - позволяват на операционната система стриктно да прилага механизми за защита на информацията.
- Основните механизми за защита, използвани в компютърните системи са:
  - Два режима на работа на процесора.
  - Защита на входно/изходните операции.
  - Защита на паметта.
  - Защита на централния процесор.
- Механизмите за защита използвани от операционната система типично се реализират в централния процесор.

## Два режима на процесора

- Поделянето на ресурсите на операционната система изисква изграждането на механизми, които да не позволяват на некоректно работеща програма да наруши правилната работа на другите програми.
- Хардуерно в централния процесор типично се реализират поне два режима на работа:
  - Потребителски режим – в този режим може да се изпълнява само подмножество от инструкции на процесора, които се считат за безопасни. Режимът в който работят потребителските програми.
  - Режим на ядрото (привилегирован режим, защитен режим) – могат да се изпълняват всички инструкции на процесора. Режимът в който работи операционната система.
- В регистъра за състоянието на процесора (PSW) се добавя бит, който да показва какъв е режимът на работа на процесора.
- При възникване на прекъсване процесорът преминава в защитен режим.

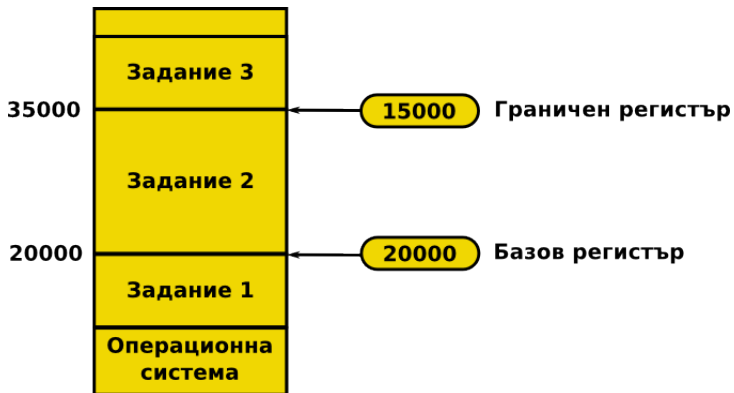
# Защита на входно/изходните операции и прекъсвания

- Не бива да позволява на потребителската програма да получи контрол върху процесора в привилегирован режим.
- Всички инструкции за изпълнение на входно/изходни операции се изпълняват само в привилегирован режим на процесора.
- Прекъсвания
  - Повечето входно/изходни устройства изпращат прекъсване на процесора в случай, че настъпи някакво събитие – приключване на входно/изходна операция или хардуерна грешка.
  - При обработване на прекъсване процесорът се превключва в привилегирован (защитен) режим.
  - Обработването на прекъсването е работа на операционната система.

# Защита и управление на паметта

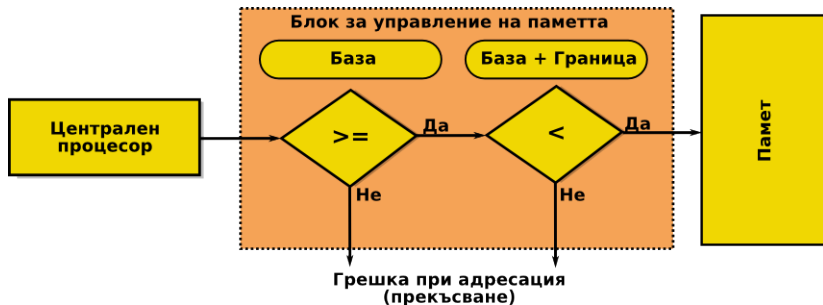
- Не позволява на процесите достъп до участъците от паметта, които не принадлежат на тях.
- Задължително е да се предостави защита на паметта за вектора на прекъсванията и функциите за обработка на прекъсванията.
- Реализира се чрез регистри на процесора, които могат да се променят само в защитен режим (привилегирован режим).
- Добавят се два регистъра, които определят областта от паметта, която програмата може да използва:
  - Базов регистър (base register) – съдържа най-малкия адрес в паметта, който е достъпен (разрешен).
  - Граничен регистър (limit register) – съдържа размера на разрешения за използване участък от паметта.
- Паметта, която е извън така дефинирания участък е защитена – докато е в потребителски режим процесорът няма достъп до нея.

# Защита на паметта





# Защита на паметта



# Защита на процесора: таймери

- Таймерите генерират прекъсване към процесора след изтичането на определен период от време.
- Операционната система използва таймерите за да се защитава от процеси, които монополизират използването на процесора.
- Таймерите се използват при реализация на времеделене.
- Задаването на таймер е привилегирована инструкция.