

## Лекция 1

### Историческо развитие на изчислителните устройства

#### 1.1 Механични изчислителни устройства

Най-ранните регистрирани изчислителни устройства се отнасят към периода от преди 2000 години. Това са механичните сметала, които представлявали дървени рамки с паралелно разположени пръчки и на тях нанизани мъниста или топки.

Математиката заедно с арабските числа си проправя път в Европа през VIII и IX век. В началото на XVII век Джон Непер (откривателят на логаритмите) разработва система от пръти (наречени по-късно “Неперови кости”), които се използвали за умножаване на числа.

През XVII век се правят първите опити за механизирани на изчисленията. През 1623 година Вилхелм Шикард, университетски професор по математика и астрономия в Тюбингенския университет, описва във вид на чертежи принцип на сумиращо устройство. Не е известно дали този проект е реализиран, но съмнения в принципната възможност за работа няма, тъй като по-късно в същия университет е реализирано такова устройство.

На Блез Паскал обикновено се приписва заслугата за създаване на първата изчислителна машина (1642 година). Тя е можела да извършва събиране на числа, въведени посредством позициониране на набор от шайби. Блез Паскал формулирал основните проблеми, които трябва да бъдат решавани, при разработване на изчислителни устройства:

- по какъв начин да се представят числата в изчислителната машина ?
- как да се въвеждат числата в изчислителната машина?
- как да се извършват аритметични операции ?
- как да се показват резултатите от изчисленията?

През 1671 година Готфрид Лайбниц изобретява калкулатор, който чрез последователно събиране и преместване, е реализирал операцията умножаване на числа.

Дълго време се е смятало, че машините на Шикард и Блез Паскал са първите опити за конструиране на машина за механизирани изчисления. През XX век се установява, че съществува документация в архива на Леонардо да Винчи (1452 – 1519), която описва във вид на схеми и чертежи сумиращо устройство. Специалисти от компанията IBM са успели по тези чертежи да възпроизведат работещо сумиращо устройство.

Резултатите от изчисленията при механическите изчислителни устройства са се определяли посредством крайното положение на зъбни колела и шайби, подобно на отчитането на пробег на автомобилите от механичния спидометър.

Чарлз Бейбидж, професор по математика в Кеймбридж, Англия, се счита за баща на съвременните компютри, заради неговите изобретения в областта на механичните изчислителни устройства. Най-напред, през 1812 година, той разработва така наречената ‘различаваща’ машина за решаване на полиномиални уравнения по метода на разликите. По-късно той разработва Аналитична машина – механичен цифров компютър с общо предназначение, контролиран изцяло от програми. Тази машина е била паралелен десетичен компютър, обработващ числа (думи) от по 50 десетични цифри.

Аналитичната машина се смята за предшественик на съвременния компютър, защото е имала всички основни елементи, които притежава съвременният компютър:

-Устройство за вход. Използвана е идея, заимствана от тъкачните станове в текстилните фабрики за въвеждане на числа посредством перфокарти. За първи път перфокартите се използват от французина Джозеф Жакард за управление на процесите при тъкачните станове;

-Управляващо устройство. Барабанна секция с множество ребра и пръчки (гвоздеи) се е използвала за контрол и управление на работата на изпълнителното устройство (процесора).

-Процесор (калкулатор). Машината съдържа стотици оси и хиляди зъбни колела, чрез които се изпълнявали аритметични операции.

-Памет. Модул, съдържащ оси и зъбни колела е можел да съхранява до 1000 50-цифрови десетични числа.

-Исходно устройство. Плочи, пригодени за използване в печатни преси, служели за извеждане на получаваните резултати.

Машината на Чарлз Бейбидж била първата програмируема машина. Първите програми за управление на машината били разработвани от асистентката на Бейбидж, Аугуста Ада Байрон, която се смята за първата програмистка. За съжаление, тази изчислителна машина не била завършена окончателно, поради технологичните ограничения в производствената база по това време. Идеята на Бейбидж е била машината да се задвижва с пара.

## **1.2 Електромеханични изчислителни устройства**

Идеята за използване на перфокарти като носител на информация влиза в употреба през 1890 година от Херман Холерит. На състезание за най-добър метод за подреждане (сортиране) на информацията от преброяване на населението, Холерит предлага устройство, използващо перфокарти. Без такова устройство обработката на данните би отнело години, докато с тази машина работата приключва за 6 седмици. Холерит основава компания за производство на сортиращи машини, която по късно прераства в една от най-известните компании в компютърния бранш - IBM (International Business Machines).

Машината на Холерит била изградена от електромеханични устройства като релета, електрически двигатели и прецизна механика. Тя получила голямо разпространение в началото на XX век за статистическа обработка на информация.

Конрад Цузе, немски инженер, ръководи няколко проекта за създаване на програмно управляема изчислителна машина. Първият проект е завършен през 1938 година, като създадената машина Z1 се оказала с незадоволителни показатели. Следващият проект (машина Z2) не завършва поради започване на втората световна война, но от разработките са заинтересовани военните и през 1941 година е разработена изчислителната машина Z3. Тя била изградена на основата на електромагнитни релета (използвани в телефонните централи) като основни носители на информацията. Машината се управлявала от програма, зададена върху перфорирана лента. В Z3 е използвана двоична бройна система. Проектът е бил секретен и не са известни резултатите от работата на машината. Подобни проекти са разработвани и в САЩ от фирмите Bell, IBM и други.

## **1.3 Електронни изчислителни устройства.**

В края на XIX и началото на XX век се правят важни открития в областта на физиката и по-специално в електрониката. Открита е термоелектронната емисия, конструирана е електронно-лъчевата тръба, електронните лампи започват да се използват за създаване на различни електронни устройства. Създадени били първите електронни логически схеми и тригерите, а чрез групиране на няколко тригера в едно устройство е създаден регистърът – основата на електронната памет.

По времето, когато се разработват първите изчислителни машини с електромагнитни релета, американският професор по теоретична физика Джон Атанасов (с български произход) разработва електронен компютър през периода 1937 – 1942 година. Той работи в Университета в щата Айова и заедно с асистента си Клифърд Бери разработва компютър, който носи наименованието ABC (Atanasoff-Berry Computer).

Джон Атанасов използвал в работата си съществуващите по това време изчислителни инструменти, каквито са *калкулаторът на Монро* и *табулаторът на IBM*, но те били бавни и неточни. Той бил уверен, че могат да бъдат разработени по-добри изчислителни машини и

стигнал до идеята, че изчислителните устройства трябва да се основават на ‘цифров’ принцип. Затова се заема с разработване на проект за създаване на “computing machines rotor” (същинска изчислителна машина).

Съгласно проекта на Джон Атанасов, е трябвало да бъдат създадени два малки компютъра със специално предназначение. Първият е проектиран като прототип на втория и е трябвало да демонстрира работоспособността на две важни идеи - кондензатори да се използват като елементи за съхраняване на двоична информация (заредено и незаредено състояние) и електронни логически схеми да се използват за извършване на операции събиране и изваждане на двоични числа. Прототипът е създаден за два месеца и през октомври 1939 година успешно са реализирани отделните елементи на бъдещия компютър. Вторият прототип е реализиран частично в периода 1939 - 1942 година, но не е завършен докрай поради спиране на финансирането. Преценката е била, че тези устройства са безперспективни и поради включването на САЩ във втората световна война са ограничени разходите за такива проекти. Атанасов и Бери завършват прототипа, но не е реализирана публична демонстрация и той не получава голяма популярност по това време.

В изчислителната машина на Джон Атанасов са използвани около 300 електронни лампи за изграждане на управляващите блокове и изпълнителното устройство, като за основа е използвана двоична бройна система. За съхраняване на информацията (памет) са използвани електрически кондензатори, а за въвеждане и извеждане на информацията са включени перфокартни устройства.

Компютърът на Джон Атанасов оказва голямо влияние за по-нататъшното развитие на компютърните технологии. Това е първата изчислителна машина, която използва електронни логически схеми за извършване на аритметични операции. Някои концепции в нея намират масово приложение в съвременните компютърни технологии. Такива са: използване на кондензатори като елементи на оперативната памет в компютърните системи, регенерация на заряда на кондензаторите в паметта, разделяне на паметта от логическите процеси и други.

Проектът на Джон Атанасов е наблюдаван по време на разработката много отблизо от Джон Мокли. През 1945 година той заедно с Проспер Екарт създават на основата на проекта на Джон Атанасов действащ електронен компютър ENIAC (electronic numerical integrator and computer) – изключителна за времето си машина. Тя е извършвала над 5000 операции в секунда. Използвана е за изчисляване на траекторията на снаряди в артилерията. Смята се, че това е първият използваем компютър.

В ENIAC са използвани около 18000 електронни вакуумни лампи, а самата машина е заемала 167 м<sup>2</sup> площ. Консумирала е около 180 kW електрическа мощност. Изпълнимите команди, които са съставлявали дадена програма, са били задавани чрез специални електрически схеми и превключватели върху управляващо табло. За да се изпълни друга програма е трябвало да се преработят схемите на това управляващо табло.

По времето, когато Джон Атанасов работи върху своя проект, в Англия Морис Уилкс със съдействието на Алан Тюринг разработва също електронен компютър с наименование Colossus (Колос). През 1943 година този компютър е готов и се използва за декодиране на германските секретни съобщения. Той е съдържал около 1500 електронни лампи. За съжаление, работата по този компютър дълго време беше пазена в дълбока секретност и работата на Уилкс и Тюринг не получи необходимото признание.

През 1967 година наследници на компанията, която основават Джон Мокли и Проспер Екарт (Sperry Rand Corporation), водят съдебен процес срещу Honeywell Inc за запазване на патент за първия електронен компютър ENIAC. Тогава се установява, че голяма част от патентите за които претендират наследниците на Мокли и Екарт са разработени в проекта на Джон Атанасов. След продължителен съдебен процес на 19 октомври 1973 година съдия Ърл Ларсън заличава патента на Мокли и Екарт и обявява Джон Атанасов за изобретател на първия електронен цифров компютър.

#### **1.4 Компютри с фон Нойманова архитектура**

През 1945 година в колектива, разработващ усъвършенстван наследник на машината ENIAC, се включва математикът Джон фон Нойман (американец от унгарски произход). Той предлага една много плодотворна идея - компютърът да има опростена фиксирана физическа структура и същевременно да може да изпълнява всякакъв вид изчисления с помощта на подходяща програма, записана в паметта на компютъра. Това означава, че изпълнението на нови програми не налага да се извършва промяна на схемите на свързване, а само замяна на записаната в паметта програма. Техниката за съхранение на програмите съгласно идеите на фон Нойман се превърна в основа за бъдещите поколения високоскоростни цифрови компютри. Нещо повече, компютрите работещи с програми записани в оперативната им памет, получиха едно общо наименование - компютри с фон Нойманова архитектура.

#### **1.5 Поколения електронно-изчислителни машини**

В развитието на електронно-изчислителните устройства могат да се открият няколко ключови етапа, които характеризират различни поколения електронно-изчислителни машини (ЕИМ). Те се отличават по елементната база, функционално-логическата организация, конструктивно-технологичното изпълнение, програмното обезпечаване, достъпа на потребителите до ресурсите и други. Смяната на поколенията се е съпътствало с изменение на основните технико-икономически показатели на ЕИМ, като бързодействие, памет, надеждност, цена. При развитието на ЕИМ основна тенденция винаги е била стремежа за намаляване на трудоемкостта на съставяне на програмите за решаване на конкретни приложни задачи, повишаване на ефективността на апаратната част и улесняване на работата на потребителите на ЕИМ.

*Първото поколение* ЕИМ се развива в периода 1945 - 1958 година. Основен активен елемент на ЕИМ от това поколение е електронната лампа, допълнена с резистори, кондензатори, трансформатори. За оборудване на оперативната памет от средата на 50-те години се прилагат специално разработени за тази цел феритни магнитни елементи с правоъгълна хистерезисна крива. За въвеждане и извеждане на информацията се използва стандартна телеграфна апаратура (телетайп, перфоленти, перфокарти и други), а по-късно се разработват електромеханични запомнящи устройства на магнитни ленти, барабани и дискове. За извеждане на информацията се разработват и първите бързодействащи печатни устройства.

ЕИМ от първо поколение са имали внушителни размери, консумирали са голямо количество енергия, имали са сравнително ниско бързодействие, малка оперативна памет и не са били надеждни.

*Второто поколение* ЕИМ се появява в края на 50-те години и при тях електронната лампа се заменя от транзистора. За разлика от ламповите ЕИМ, транзисторните машини работят с по-голяма скорост, разполагат с по-голямо количество оперативна памет и са доста по-надеждни. Съществено са намалени размерите на ЕИМ и консумираната мощност. Голямо достижение в технологията е използването на печатния монтаж. Машините от второ поколение притежават значително по-големи изчислителни и логически възможности.

Една от особеностите на ЕИМ от второ поколение е диференциацията по предназначение на машините. Появяват се машини за решаване на научно-технически и икономически задачи, за управление на производствени процеси и други.

Наред с техническото развитие, се усъвършенстват и методите за програмиране. Голям напредък се реализира в прилагането на алгоритмичните езици, опростяващи реализирането на програми за решаване на практически задачи. Освен еднопрограмен режим на работа, се появява и многопрограмният режим, осигуряващ възможност за едновременно изпълнение на повече от една задача.

**Третото поколение** ЕИМ се разработва в края на 60-те и началото на 70-те години. ЕИМ от това поколение се характеризират с използването на интегрални схеми. Интегралните схеми за ЕИМ представляват завършени функционални блокове, съдържащи сложни транзисторни схеми. Използването на интегрални схеми довежда до съществено подобряване на техническите и експлоатационни характеристики на машините. Затова способства и въведената технология за многослоен печатен монтаж.

В машините от трето поколение значително е разширен наборът от използваните електромеханични устройства за въвеждане и извеждане на информацията. Програмното обезпечаване също се развива. Особено внимание се отделя на многопрограмните операционни системи с обезпечаване на различни режими на работа: пакетна обработка, разделяне на времето, запитване - отговор и други.

Съществено са разширени възможностите за непосредствен достъп на потребителите до ресурсите на ЕИМ. Удобството за връзка на абонатите с ЕИМ се постига за сметка на развитие на система от абонатски пунктове, свързани с ЕИМ посредством информационни канали за връзка и съответно програмно обезпечаване.

За машините от **четвърто поколение** (края на 70-те години) е характерно използването на големи интегрални схеми (ГИС). Високата степен на интеграция на електронни елементи довежда до увеличаване на плътността на компоновка на електронната апаратура, повишаване на надеждността и бързодействието и снижаване на цената на ЕИМ. Това от своя страна оказва съществено въздействие върху логическата структура на ЕИМ и програмното обезпечаване.

### **1.6 Тенденции за развитие на компютърните системи**

Основна тенденция в развитието на ЕИМ от четвърто поколение е унификацията. С появата на микропроцесорите (1971 година) започва развитието на нов клас изчислителни машини - микроЕВМ. За кратко време микропроцесорите извървяха дълъг път: от 4 и 8 - разрядните микропроцесори, разработени на основата на р-канална МОС технология, до 32- и 64 - разрядни микропроцесори.

Един от най-важните фактори за развитие на компютърните системи се корени в развитието на елементната база. Смяната на поколенията компютърни системи се определя от смяна на поколенията електронни елементи използвани за изграждане на апаратната част на компютрите.

Сегашният етап се характеризира с изключителна миниатюризация на елементната база на компютърните технологии. Досега доминираща технология за изпълнение на интегралните схеми със свръхвисока интеграция е оптичката литография. Водещите компании в областта на компютърните чипове произвеждат кристали за микропроцесори и памети с топологически размери на електрическите връзки в тях от 0.25 – 0.135  $\mu\text{m}$ . Такива размери на електрическите схеми изискват изключителна чистота на процесите. Затова оборудването за производство на високо интегрирани електронни схеми е изключително скъпо.

По-нататъшното развитие на микроелектрониката се свързва с прилагането на електронна (лазерна), йонна и рентгеновска литография. Това ще позволи да се премине към технологии с 0.13, 0.10 и дори до 0.08  $\mu\text{m}$  топологическа дебелина на електрическите връзки в кристала на чиповете. Вместо използваните по-рано алуминиеви проводници в микросхемите започна използването на медни съединения, което е свързано и с повишаване на чистотата на процесите.

В настоящия момент се разработват и изследват принципно нови технологии за елементи на компютърни системи. Основните направления на развитие са:

- Молекулярни компютри. Извършват се опити за синтезиране на молекули на основата на стехеометричен генетичен код, способен да променя ориентацията и да реагира

на въздействия със светлина или електрически ток. Учени от компанията Hewlett –Packard и Калифорнийския университет доказаха принципната възможност за създаване на молекулярна памет за компютърни системи на основата на молекули на роксана. Работи се по въпроса за създаване на логически схеми и възли за управление. По предварителни оценки, компютри с такива елементи ще бъдат милиарди пъти по икономични от съвременните микропроцесори.

- Компютърни системи с невронна структура. Идеята за създаване на такъв тип компютърна система се основава на теорията на перцептрона – изкуствена невронна мрежа, способна да се обучава. Наричат се невронни структури защото имат свойства, характерни за човешкия мозък и нервната система. Към тези свойства трябва да се отнесат: паралелност на обработка на информацията; способност за обучение и настройка; способност за автоматична класификация на информацията; асоциативност. В настоящия момент вече има създадени програмни невронни пакети, които доказват принципната възможност за построяване на компютърна система с невронни структури.

- Квантови компютърни системи. Принципът на работа на такива изчислителни устройства се основава на способността на електроните в атома да имат различни енергийни нива. Преминването на електрон от по-ниско на по-високо енергийно ниво е свързан с поглъщане на квант електромагнитна енергия – фотон. При излъчване на фотон от атома се осъществява обратния процес. Тези процеси могат да се управляват посредством електромагнитно поле от атомен или молекулярен генератор. Така се изключва възможността от спонтанен преход от едно енергийно ниво на друго. Като елементи за компютърни системи могат да се използват qubit – Quantum bit, които могат да има определен брой състояния.

- Оптически компютърни системи. Много устройства в компютърните системи използват оптика и оптически устройства. Сериозно развитие получават оптическите линии за пренасяне на информация. Работи се усилено по създаването на устройства за обработка на светлинни потоци. Способността на светлината да се разпространява паралелно (паралелни лъчи) дава възможност да се реализират устройства за паралелна обработка на потоци. Това може да доведе до значително ускоряване на изчислителните процеси.