
# Sistemas Operativos
# Capítulo 1

Patrício Domingues, ESTG/IPLeiria

2019

# Exemplos de sistemas operativos (1)

- ✓ Alguns sistemas operativos “desktop”





Windows Vista™

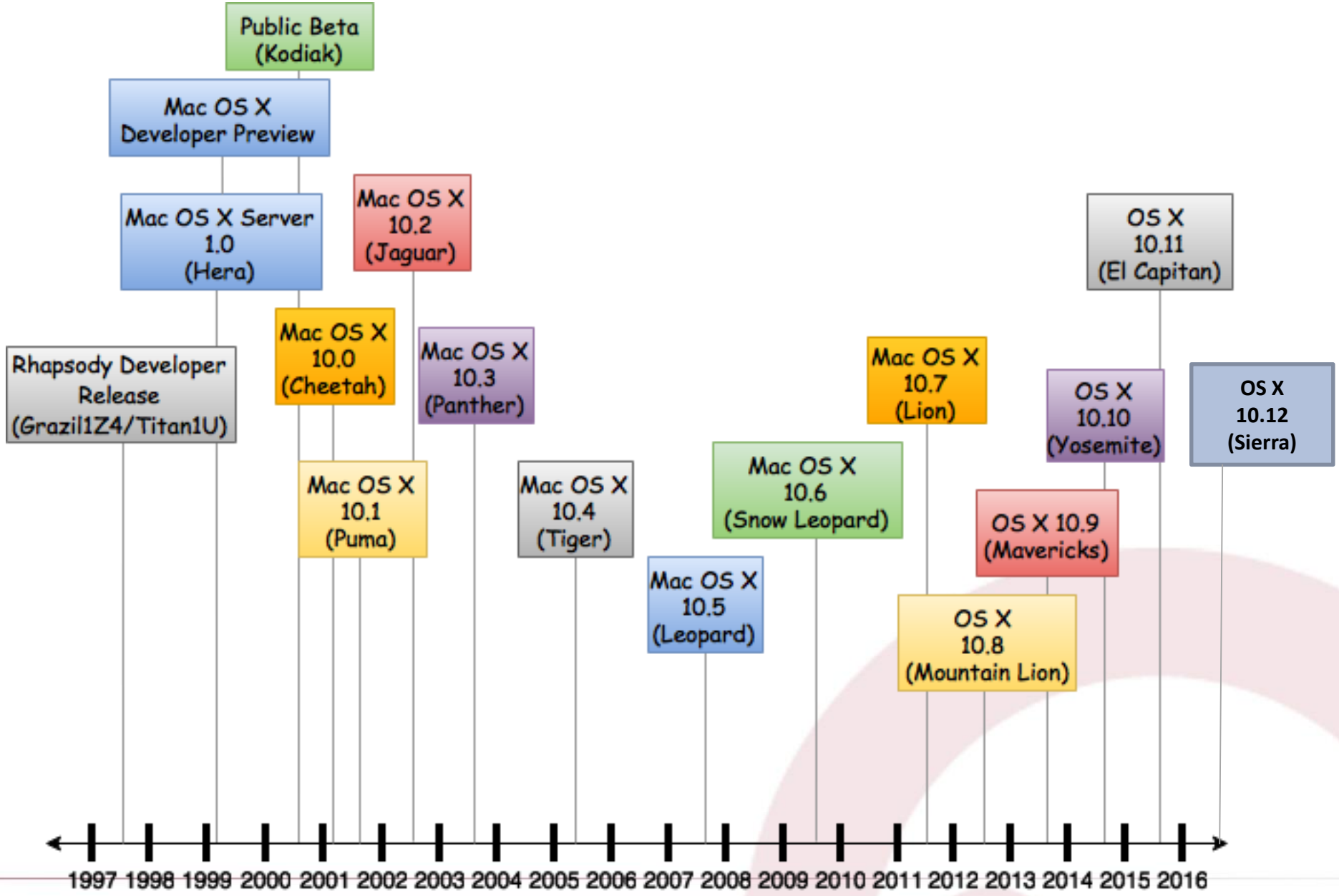



# E o...MacIntosh?

- Origem do nome
  - Maçã McIntosh
  - “According to Walter Isaacson's biography, Jobs was on a fruitarian diet when he **visited an apple farm and hit upon the name**. McIntosh sounded "fun, spirited and not intimidating," Jobs said.

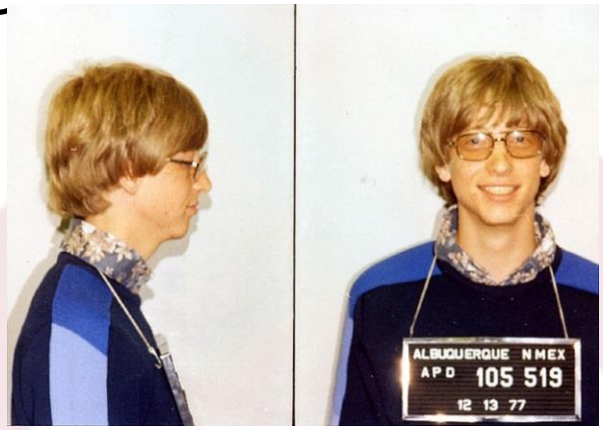


# Versões do Mac OS X



# Sistema Operativo Microsoft Windows (1)

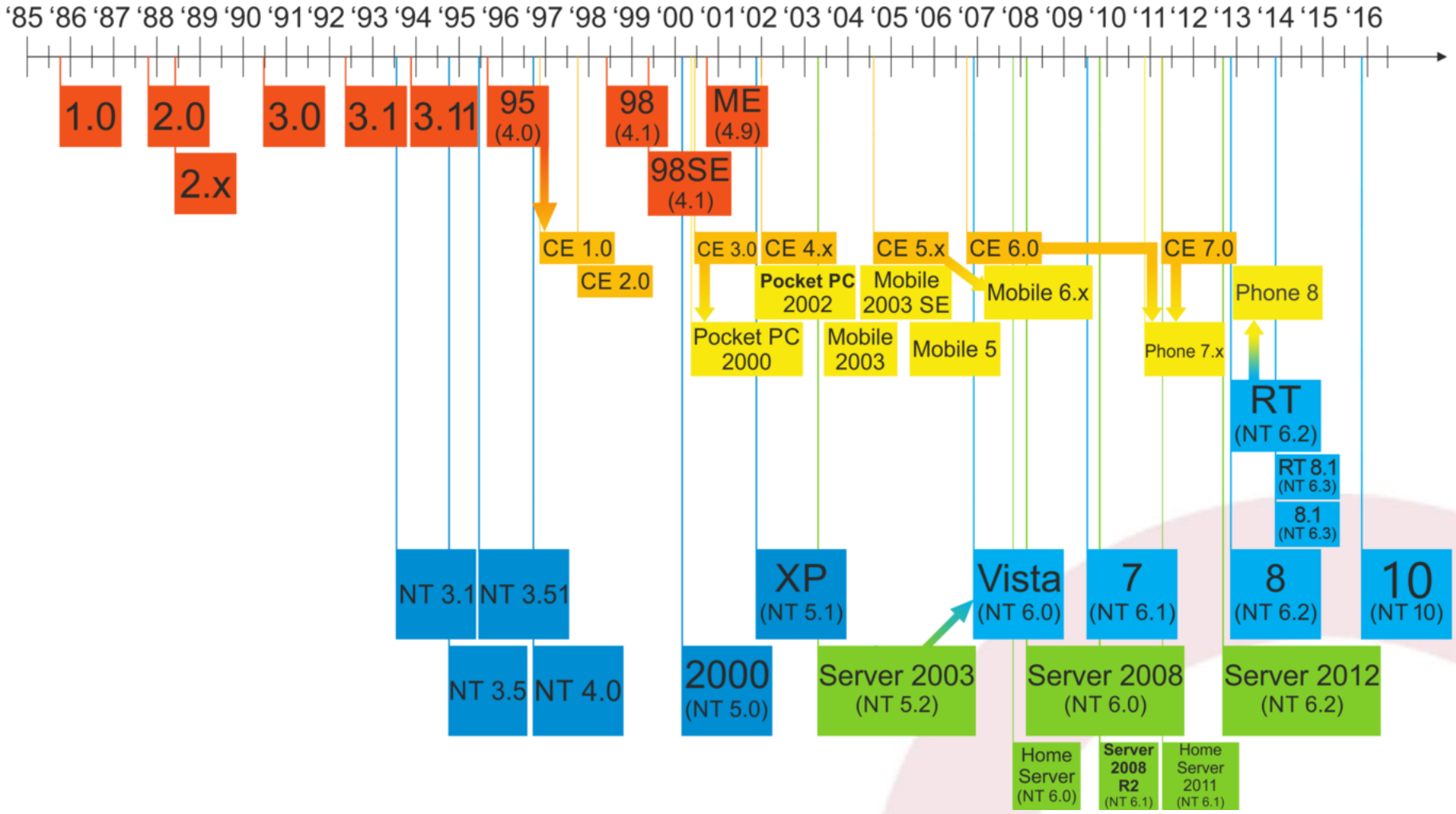
- No início da década de 80, a IBM criou o Personal Computer (PC)
- A criação do Sistema Operativo ficou a cargo da Microsoft
  - Pequena empresa de Seattle que comercializava um interpretador de Basic (*QBasic*)
  - Um dos chefes era...Bill Gates
  - A Microsoft ficou com a possibilidade de vender o SO a outras empresas de *hardware*



# Sistema Operativo Microsoft Windows (2)

- O MS-DOS era um sistema operativo...
  - Mono-utilizador
  - Mono-processo
  - Baseado em modo texto
  - Similar ao modo consola “unix”
  - Limitado a 640 KB de memória
    - Restrição dos modelos iniciais da arquitetura x86
      - CPU Intel 8086, Intel 8088 e Intel 80286
  - “Microsoft publish MS-DOS v1.1 source code”
    - http://bit.ly/1jP1nfh

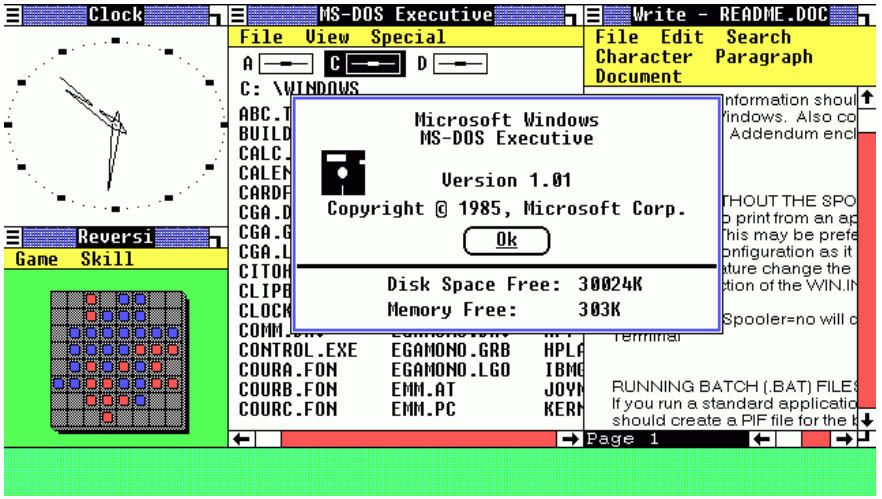

# Evolução do Windows

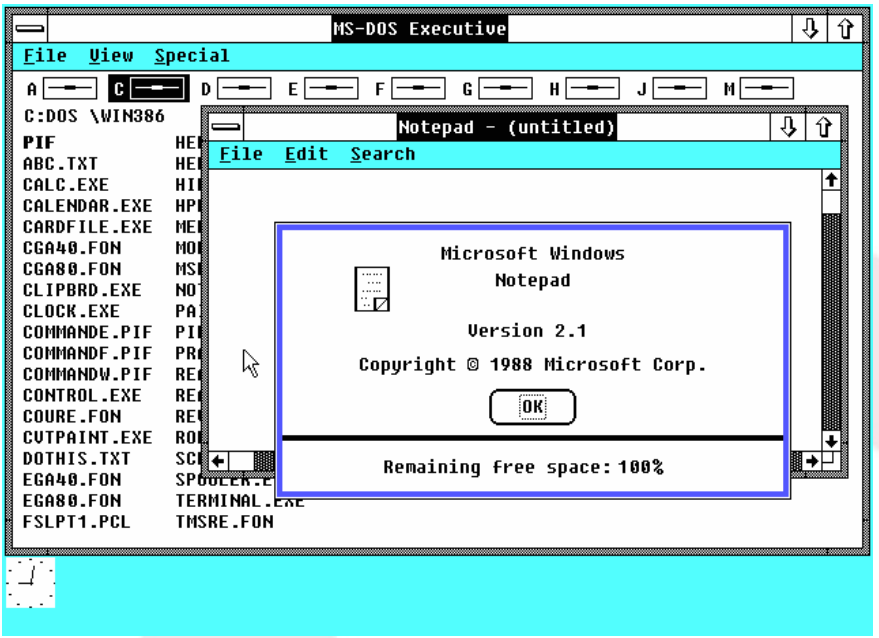



https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/6/6d/Windows_Updated_Family_Tree.png

# Sistema Operativo Microsoft Windows (3)

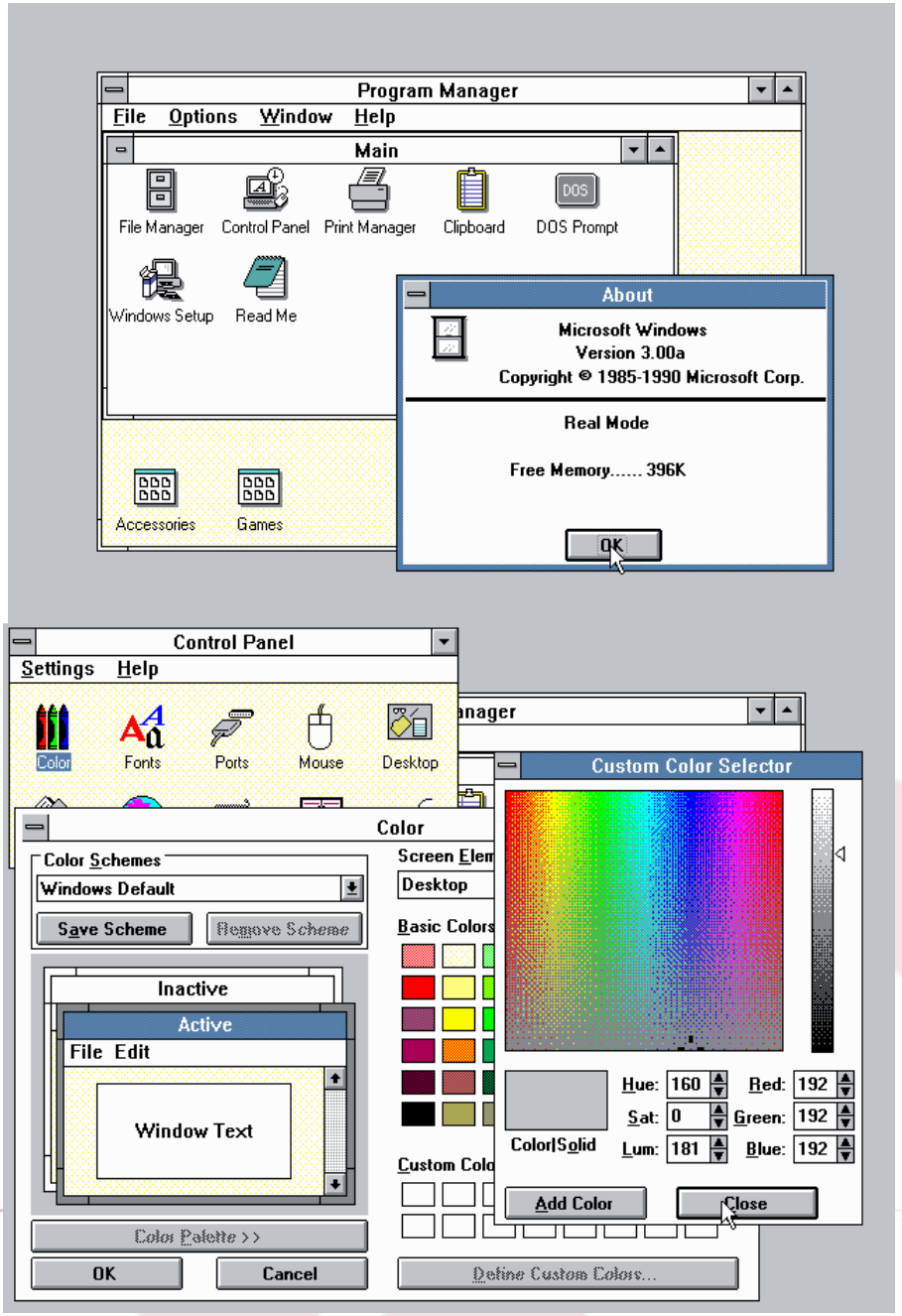
- Aparecimento de interface “gráfica”
  - 1985 / Windows 1.0
  - 1987 / Windows 2.0
    - Ainda modo texto
  - Windows era uma aplicação que corria por cima do DOS



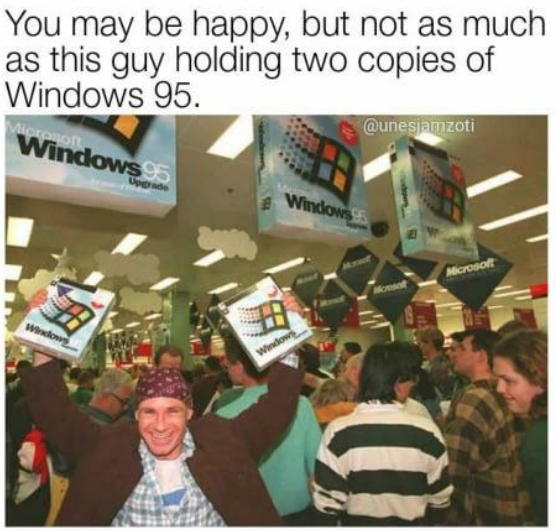

# Sistema Operativo Microsoft Windows (4)

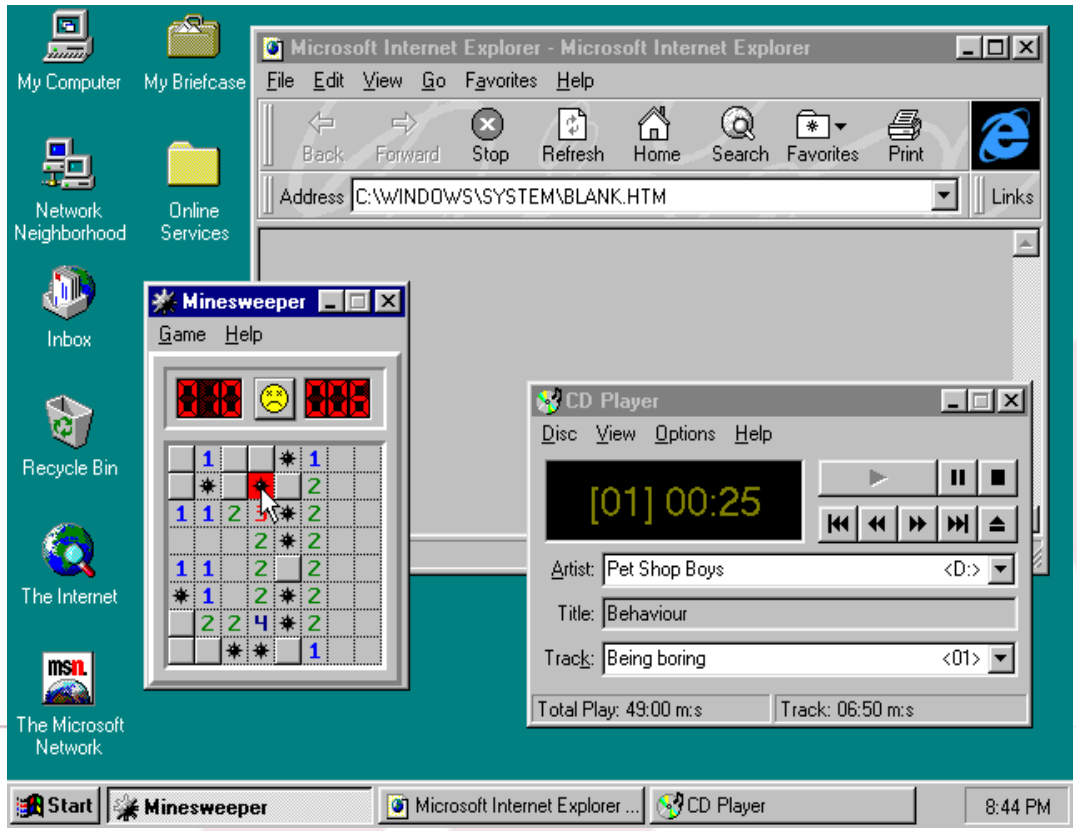
- 1990 / Windows 3.0
  - Aparecimento “modo gráfico”
  - Windows continuava a ser uma aplicação que corria por cima do DOS
- 1992 / Windows 3.11
  - Pilha protocolar TCP/IP
  - *Standard de facto* da interligação de sistemas em rede



# Sistema Operativo Microsoft Windows (5)

- Windows 95
- Grande “revolução” Windows
- 1º SO windows
  - 32 bits (híbrido com 16 bits)
  - Multiutilizador
    - Login/password
  - Preemptivo
  - *Plug and play*

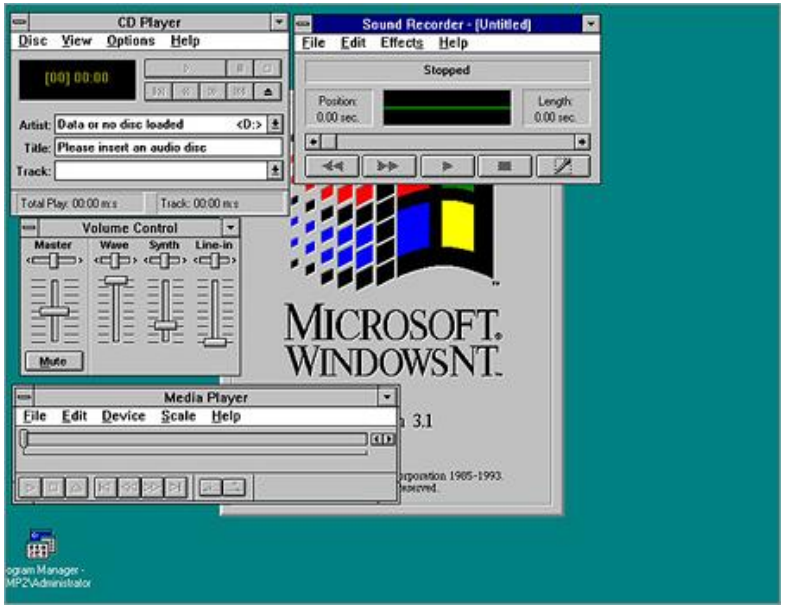


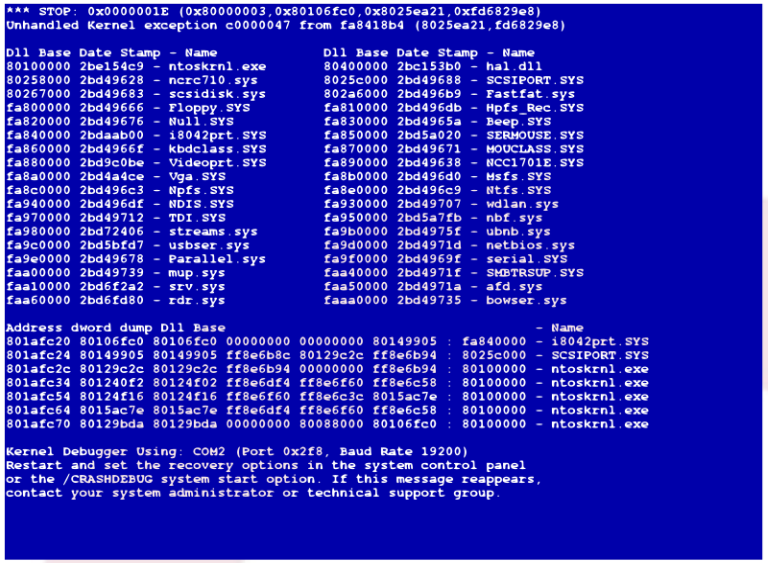




https://bit.ly/2SHQlSN

# Windows NT

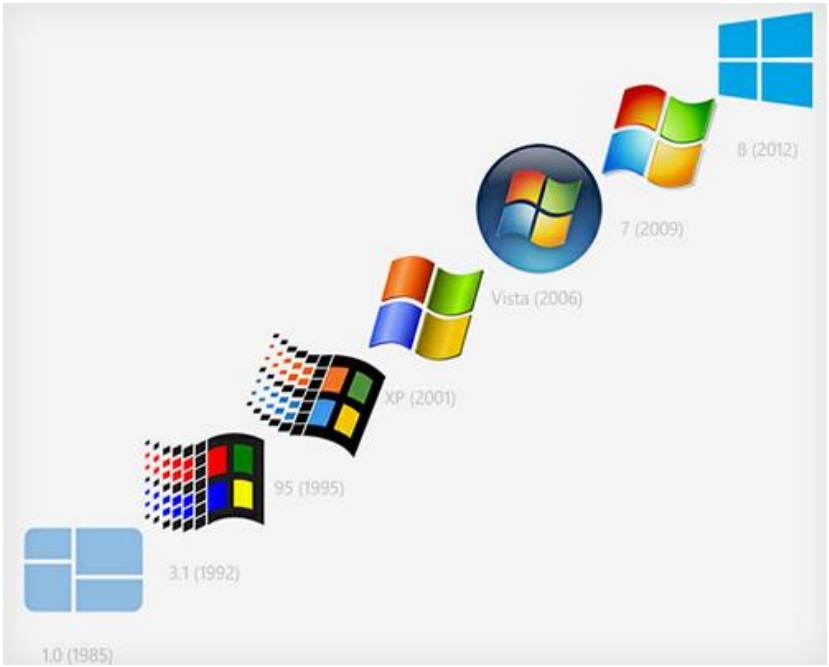
- Lançamento em 1993
  - SO de 32 bits
  - Interface gráfica similar ao Windows 3.0, mas internamente, SO totalmente diferente
  - Aparecimento do sistema de ficheiros NTFS
  - Aparecimento do “BSOD”...
  - Todos os OS Windows desde do Windows 2000 derivam do Windows NT



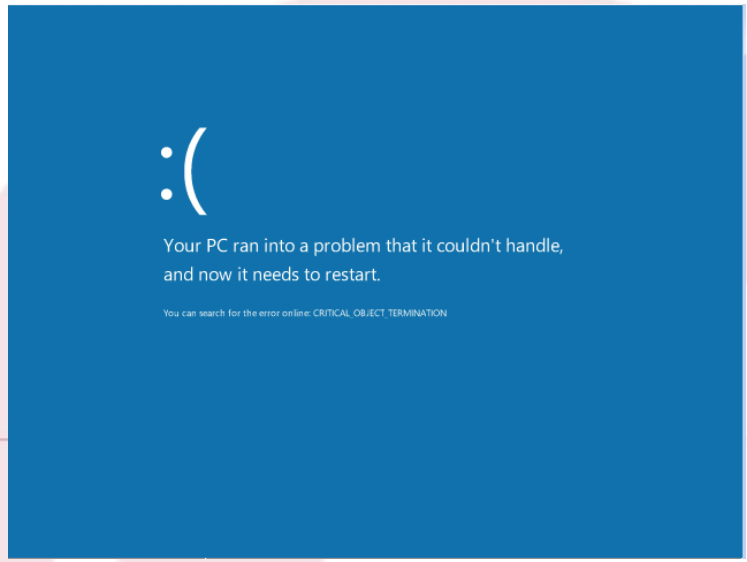



# Depois do Windows NT...

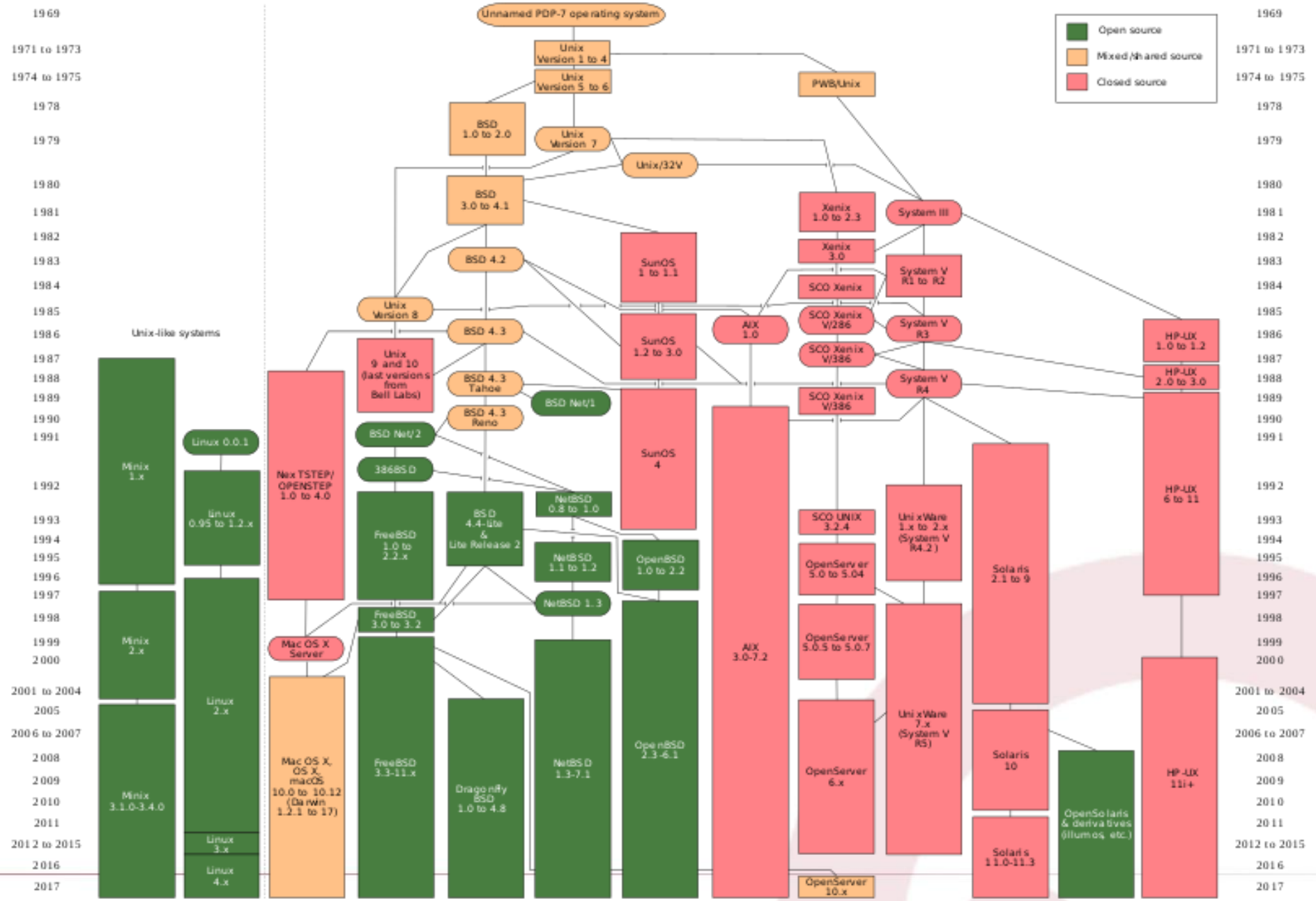
- Windows 2000
- Windows XP
- Windows Vista
- Windows 7
- Windows 8
- Windows 10 (2015)







# Linhagem Unix




https://www.wikiwand.com/en/MacOS_version_history

# Exemplos de sistemas operativos (2)

✓ Sistemas operativos para dispositivos móveis

iOS

ANDROID

WearOS (Android Wear)

~~symbian~~ OS

~~phone~~ ubuntu

Windows phone

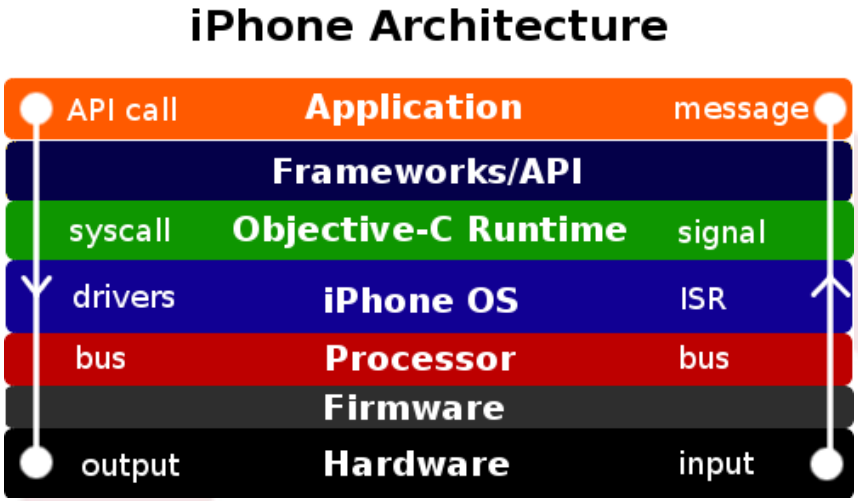
Smartwatches


Lite OS (Huawei smartwatch)

# Sistemas Operativos

- Apple iOS
  - ipod, iPhone e iPAD


http://bit.ly/1SHXZpx

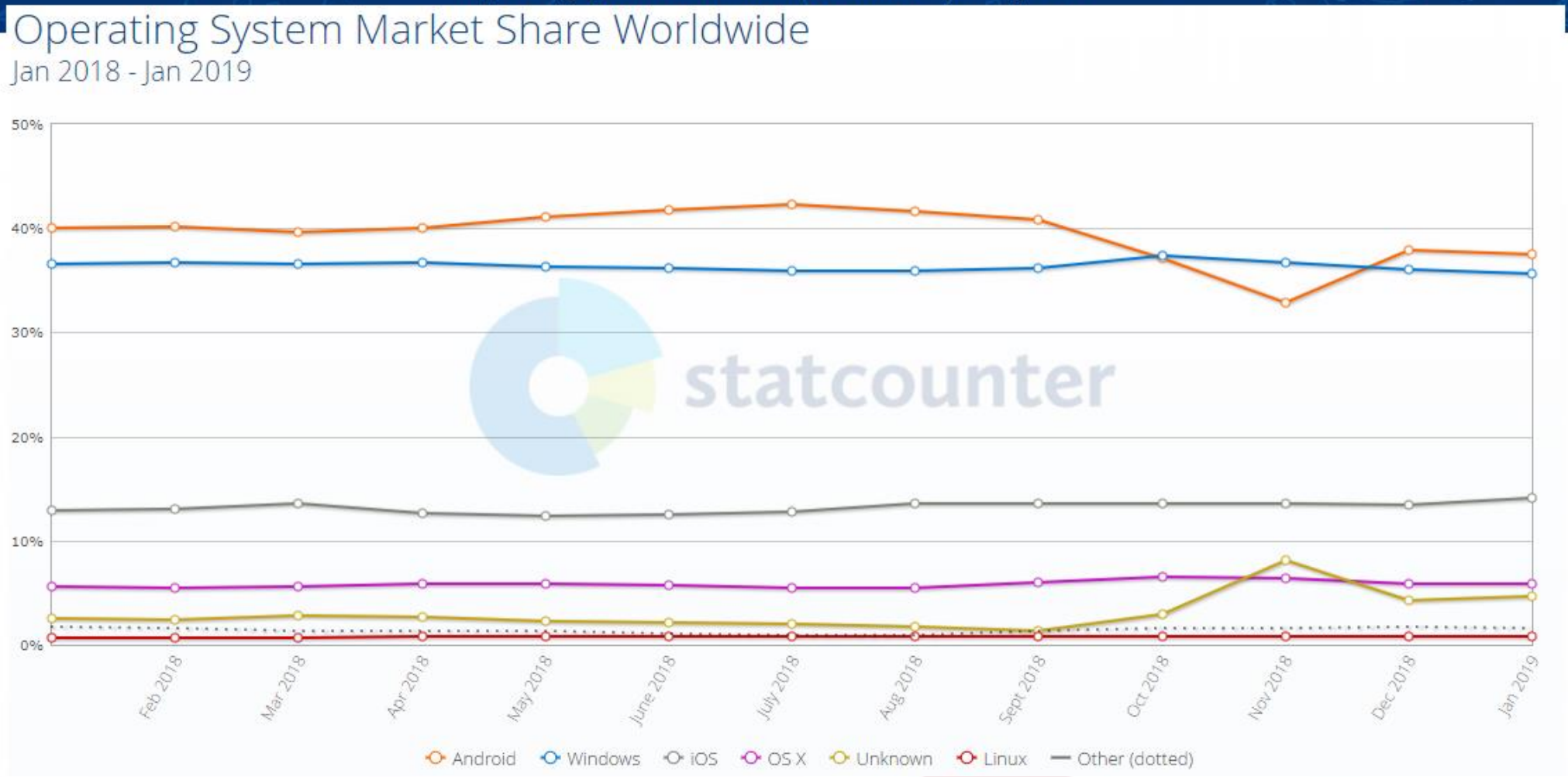



http://bit.ly/1QQZJXq

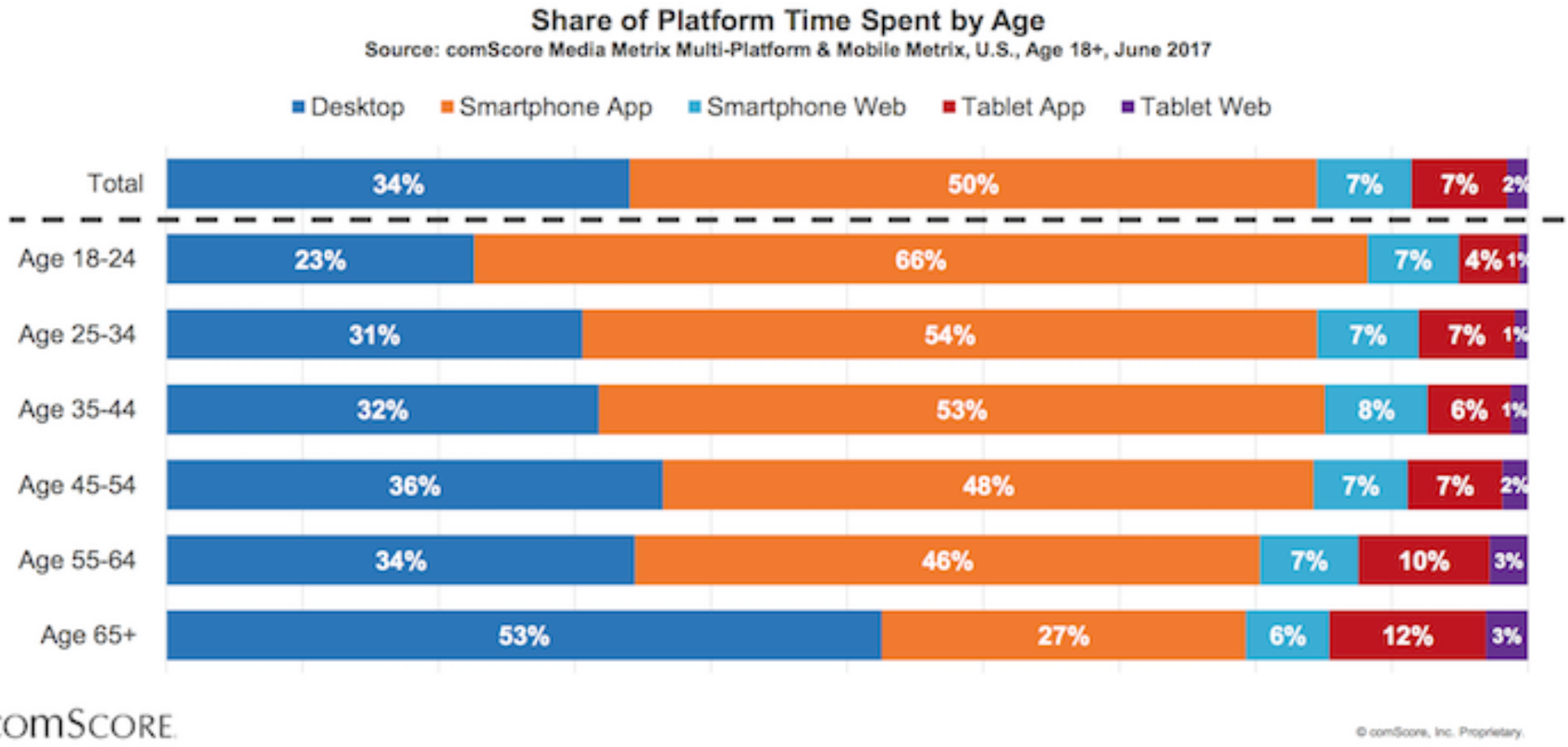
# Mercado OS

| Android | Windows | iOS | OS X | Unknown | Linux |
|---|---|---|---|---|---|
| 37.55% | 35.6% | 14.05% | 5.79% | 4.62% | 0.79% |

Operating System Market Share Worldwide - January 2019

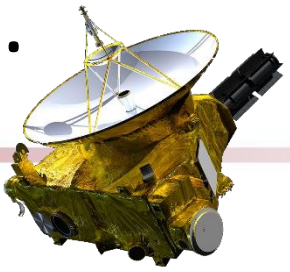


# Smartphone vs Desktop




http://www.businessofapps.com/data/app-statistics/

# Os SO estão em todo o lado...

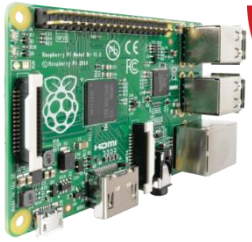
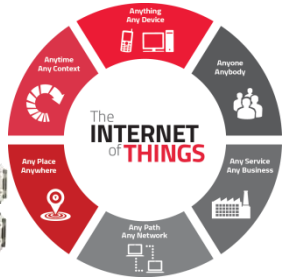


- Quase tudo o que tem eletrónica tem um SO...







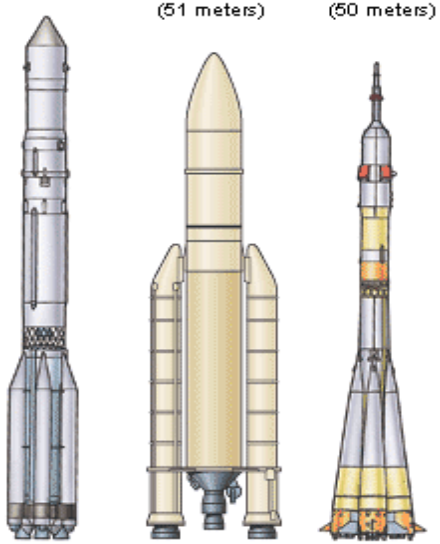




**Proton**
Russia
180 feet
(55 meters)

**Ariane 5**
European
Space Agency
167 feet
(51 meters)

**A Class**
(Soyuz-U)
Russia
165 feet
(50 meters)



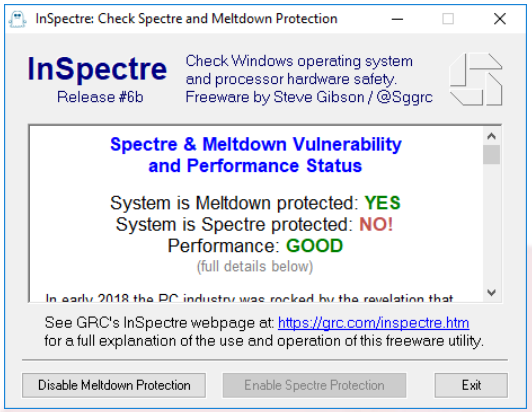



# E os "bugs" também…

- Definição de "bug" (informática)
  - "an unexpected defect, fault, flaw, or imperfection" (Merriam-Webster)
- Como qualquer software, SO têm bugs
- Muitas vezes, esses bugs podem ser catastróficos dado o SO ter acesso privilegiado ao sistema
- Lista official de vulnerabilidades

CVE https://cve.mitre.org

- Exemplos
  - Dirty Cow (Linux)
  - EternalBlue (Windows)
  - Heart Bleed (openSSL)
  - KRAK (wireless)
  - SPECTRE, MELTDOWN (CPU)




  - IoS Tegulu *char*

PC **This Indian Character Symbol Can Crash Your iPhone**

*Text messages that contain the Indian Telugu syllable can disable third-party messaging apps on iOS. Apple is working on a fix.* February 15, 2018 7:18PM EST By Michael Kan

There's a new iOS bug that can crash your iPhone. A symbol in the Indian language known as Telugu can wreak havoc over the software.

IPL
escola superior de tecnologia e gestão
instituto politécnico de leiria

# Bugs e afins…

## Hackers breach top plastic surgery clinic

24 October 2017 | Technology

BBC NEWS

**A high-profile plastic surgery clinic has said it is "horrified" after hackers allegedly stole data during a cyber-attack.**

**London Bridge Plastic Surgery (LBPS) said** its IT experts and police found evidence of the breach.

A group claiming to be behind the breach said it had "terabytes" of data, the **Daily Beast news site reported**.

The Metropolitan Police is investigating the attack.

The alleged hackers, using the pseudonym The Dark Overlord, said they had obtained photos showing various body parts of clients, including genitals.

## 'Bad Rabbit' ransomware strikes Ukraine and Russia

BBC NEWS

24 October 2017 | Technology

**A new strain of ransomware nicknamed "Bad Rabbit" has been found spreading in Russia, Ukraine and elsewhere.**

The malware has affected systems at three Russian websites, an airport in Ukraine and an underground railway in the capital city, Kiev.

The cyber-police chief in Ukraine confirmed to the Reuters news agency that Bad Rabbit was the ransomware in question.

It bears similarities to the WannaCry and Petya outbreaks earlier this year.

However, it is not yet known how far this new malware will be able to spread.

"In some of the companies, the work has been completely paralysed - servers and workstations are encrypted," head of Russian cyber-security firm Group-IB, Ilya Sachkov, told the TASS news agency.

## Wi-fi security flaw 'puts devices at risk of hacks'

By Jane Wakefield
Technology reporter

BBC NEWS

16 October 2017 | Technology

**The wi-fi connections of businesses and homes around the world are at risk, according to researchers who have revealed a major flaw dubbed Krack.**

It concerns an authentication system which is widely used to secure wireless connections.

Experts said it could leave "the majority" of connections at risk until they are patched.

The researchers added the attack method was "exceptionally devastating" for Android 6.0 or above and Linux.

A Google spokesperson said: "We're aware of the issue, and we will be patching any affected devices in the coming weeks."

"US-Cert has become aware of several key management vulnerabilities in the four-way handshake of wi-fi protected access II (WPA2) security protocol," it said.

## Adobe patches Flash bug used for planting spying tools

BBC NEWS

17 October 2017 | Technology

**Adobe has patched a new Flash security flaw that was being used by attackers to install spying tools on victims' computers.**

The security bug was delivered using malicious Flash files embedded in Microsoft Word documents, sent as an email attachment to targets.

When the document was opened, the FinSpy malware would secretly install itself.

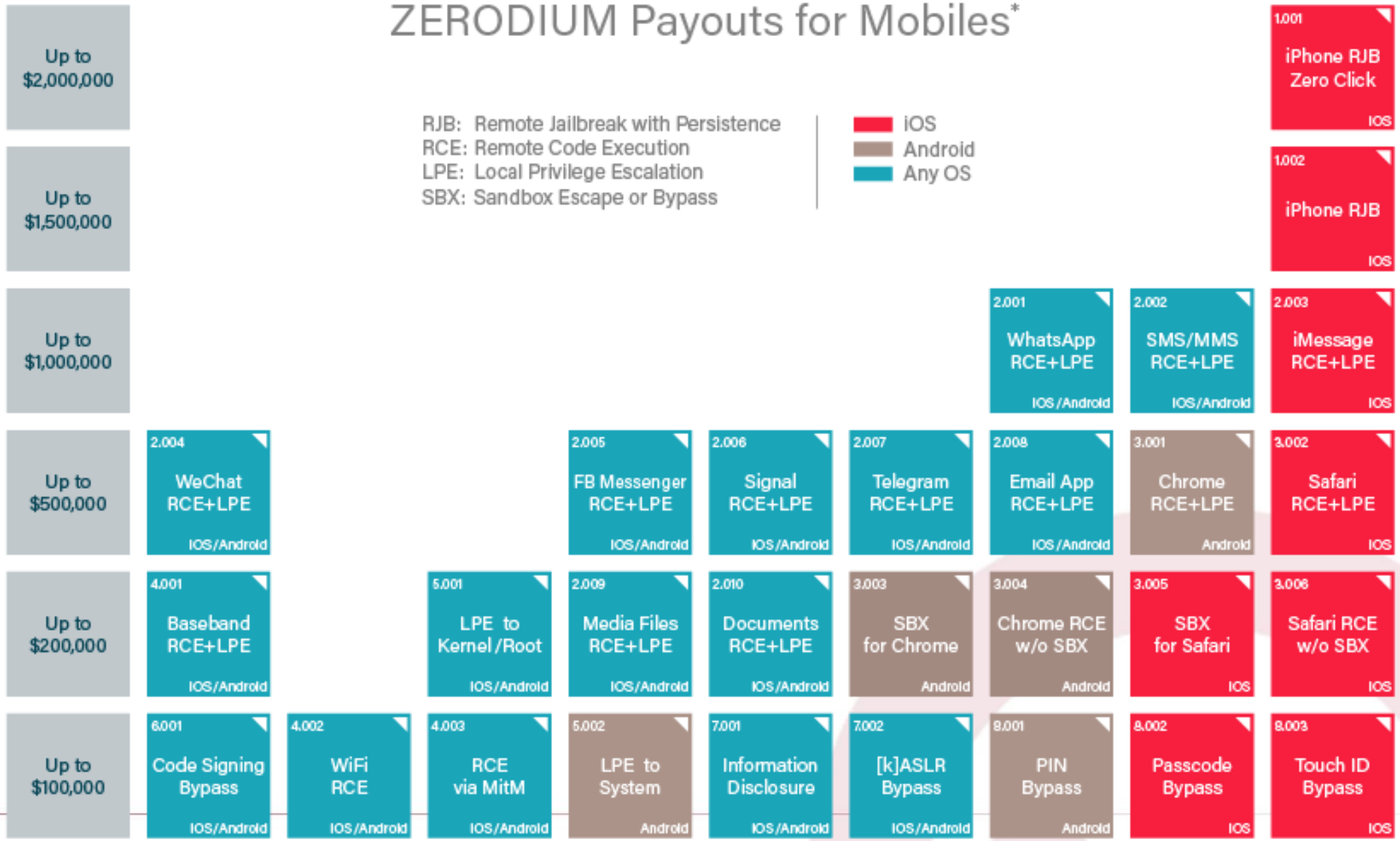
The vulnerability was discovered by Russian security firm **Kaspersky Lab**.

The flaw was discovered by Kaspersky Lab researchers on 10 October.

They found that the attacker - thought to be a group called BlackOasis - was

Just another “regular” week…

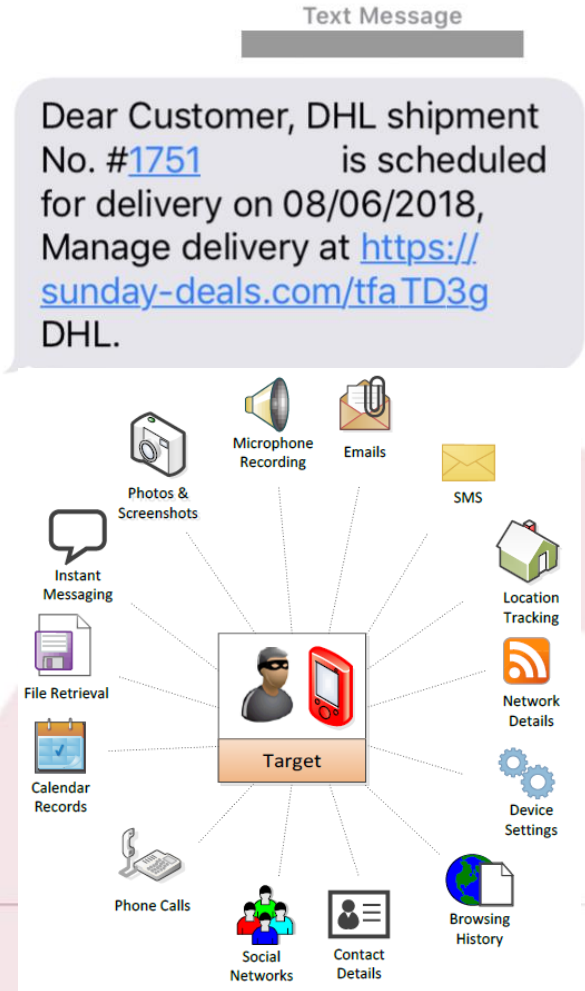
# *Bug bounties* e não só…



# Smartphone (#1)

- «We examined the infected phone and found a fake package tracking notification SMS containing an exploit link. We concluded with high confidence that the iPhone was infected with spyware»
- «The spyware would have allowed the operators to copy the contacts, private family photos, text messages, and live voice calls from popular mobile messaging apps. The operators could have even activated the phone's camera and microphone to capture activity, such as conversations.»

- Smartphone como instrument de espionagem…



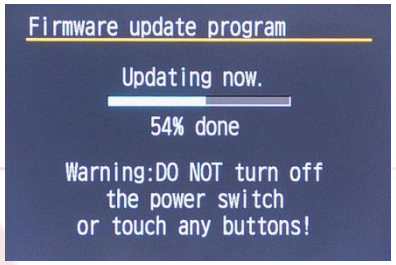
# Smartphone (#2)

- "Inside the secret hacking team of American mercenaries"
  - She spent a decade at the NSA, first as a military service member from 2003 to 2009 and later as a contractor in the agency for a giant technology consultant from 2009 to 2014. Her specialty was hunting for vulnerabilities in the computer systems of foreign governments, such as China, and analyzing what data should be stolen.
  - In 2013, her world changed. While stationed at NSA Hawaii, Stroud says, she made the fateful recommendation to bring a Dell technician already working in the building onto her team. That contractor was Edward Snowden.
- +info: https://www.reuters.com/investigates/special-report/usa-spying-raven/

- «To do so, a powerful new hacking tool called Karma was used. It allows allowed operatives to break into the iPhones of users around the world.»
- «Karma could obtain emails, location, text messages and photographs from iPhones simply by uploading lists of numbers into a preconfigured system.(…) Karma was particularly potent because it did not require a target to click on any link to download malicious software. The operatives understood the hacking tool to rely on an undisclosed vulnerability in Apple's iMessage text messaging software.»

# Firmware (1)

- Firmware
  - Software para...hardware
    - É o software que controla o dispositivo
    - Software que existe no próprio dispositivo
      - Guardado em memória persistente no dispositivo
    - Passível de ser atualizado
      - Correção de erros, novas funcionalidades
      - Atualização manual (usualmente)
  - Similar a um sistema operativo, mas para o dispositivo
- Exemplos
  - Computadores
    - BIOS, UEFI,...
  - Dispositivos eletrónicos
    - Máquinas fotográficas, discos rígidos e SSD, TVs, veículos, impressoras, Box TV, comando remoto, elevador, micro-ondas, máquina lavar, *routers*, etc.

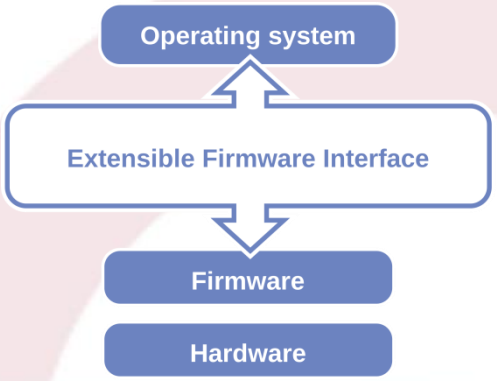



# Firmware (2) - Computadores

- BIOS do PCs

  - *Basic Input/Output System*
  - Interface para firmware dos dispositivos
  - Funções principais
    - Teste ao sistema (POST)
    - Arrancar com o SO
    - Drivers para interação básica com o hardware
    - Configuração do hardware de baixo nível
      - Uso de “chicken bits”
      - Desativa funcionalidades do hardware que apresentam problemas

- UEFI (Unified Extensible Firmware Interface)
  - Norma para interação com firmware
  - Pretende eliminar as limitações da BIOS
  - Segurança
    - Proteção contra *bootkits*
    - Em certos modos apena aceita SO/drivers que estejam digitalmente assinados




http://bit.ly/214XZok

# *Firmware* (3) – segurança

- Firmware interage diretamente com o hardware
  - *Firmware* malicioso pode provocar muitos danos de forma silenciosa...
- Exemplos
  - *Firmware* de discos modificado atuando como cavalo de troia...
    - Guarda dados no discos que estão inacessíveis ao SO, apenas ao firmware
    - Envia quando for conveniente...
    - Fonte: http://bit.ly/1JmNgg4

- Exemplos (continuação)
  - "BAD USB" 
  - Sistema que reprograma firmware de dispositivos USB para atuar como outros dispositivos
  - PEN USB pode passar a atuar como...
    - um teclado que injeta comandos maliciosos...
    - Uma placa de rede que apresenta um servidor de nomes malicioso
- Formatar o disco ou a pen não elimina o problema...
  - *Firmware* está no hardware...
  - Fonte: http://bit.ly/1xFbjeX

# Firmware de CPU

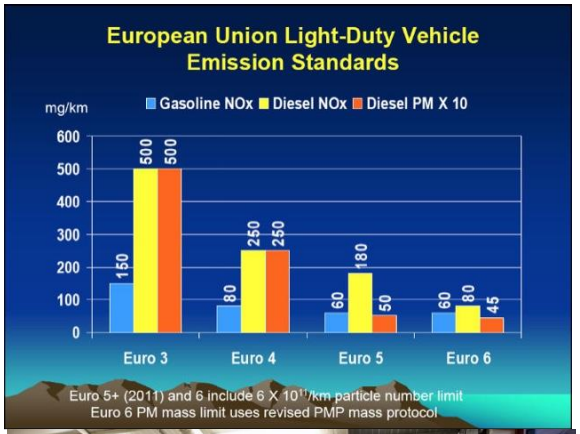
- *"Intel investigating reboots caused by CPU firmware patches (…). Mitigating Spectre variant 2 requires CPU microcode changes so Intel has shared firmware patches for a number of CPUs with computer manufacturers which have already started releasing BIOS/UEFI updates that incorporate those fixes."*

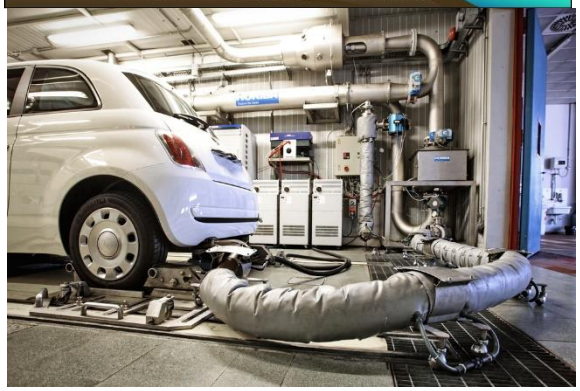
```
[root@centos7-box ~]# dmesg | grep microcode
[    0.000000] microcode: microcode updated early to revision 0x17, date = 2017-01-27
[    0.914016] microcode: CPU0 sig=0x40671, pf=0x2, revision=0x17
[    0.914032] microcode: CPU1 sig=0x40671, pf=0x2, revision=0x17
[    0.914042] microcode: CPU2 sig=0x40671, pf=0x2, revision=0x17
[    0.914061] microcode: CPU3 sig=0x40671, pf=0x2, revision=0x17
[    0.914081] microcode: CPU4 sig=0x40671, pf=0x2, revision=0x17
[    0.914099] microcode: CPU5 sig=0x40671, pf=0x2, revision=0x17
[    0.914116] microcode: CPU6 sig=0x40671, pf=0x2, revision=0x17
[    0.914137] microcode: CPU7 sig=0x40671, pf=0x2, revision=0x17
[    0.914233] microcode: Microcode Update Driver: v2.01 <tigran@aivazian.fsnet.co.uk>,
[root@centos7-box ~]#
[root@centos7-box ~]# cat /etc/os-release
NAME="CentOS Linux"
VERSION="7 (Core)"
ID="centos"
ID_LIKE="rhel fedora"
VERSION_ID="7"
PRETTY_NAME="CentOS Linux 7 (Core)"
ANSI_COLOR="0;31"
CPE_NAME="cpe:/o:centos:centos:7"
```

- CPU não tem memória ROM
- Os remendos (patches) aos CPU são aplicados a cada arranque do sistema
  - Microcódigo CPU = firmware do CPU
- Os remendos são aplicados no arranque por um dos seguintes elementos:
  - BIOS/UEFI **OU** Kernel
- Linux e Windows tem mecanismo para aplicar remendos de microcódigo
- Os erros Meltdown da Intel podem ser aliviados com remendo aos microcódigo

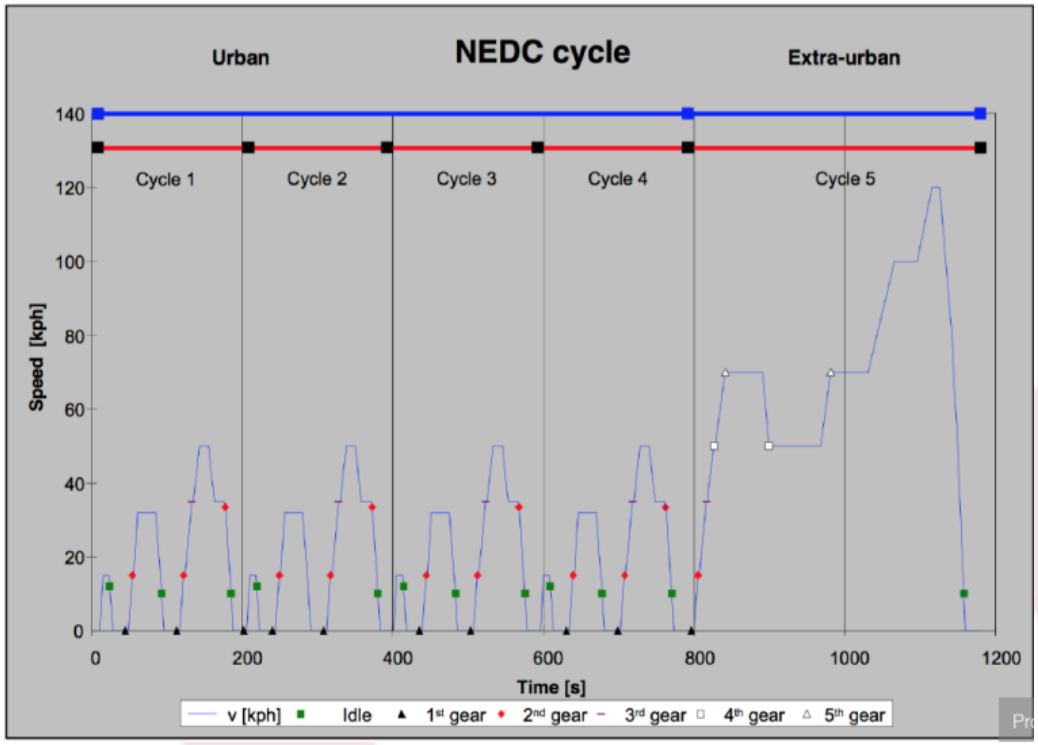
# Firmware – #DieselGate

- Veículos de uma determinada marca apenas respeitavam normas ambientais quando estavam a ser testados
- Em situações reais, elevados níveis de NOX



- Os testes para medição de emissões são (eram) normalizados
  - **NEDC – New European Drive Cycle (1980s)**
  - Perfil com velocidade e mudanças
  - O teste NEDC corresponde a um condutor suave e calmo…




«The company had installed undisclosed software in diesel engines that triggered a "second calibration intended to run only during certification testing."» (source: http://for.tn/2z65tyZ)

# Para que servem os SO?

- ✓ Permitir o uso simples dos recursos de um sistema informático, nomeadamente aproveitar a capacidade de processamento
- ✓ Disponibilizar um conjunto de serviços ao utilizadores do sistema
  - ✓ Utentes finais
  - ✓ Programadores
- ✓ Gestão da memória secundária (memória virtual) e dos dispositivos de entrada/saída



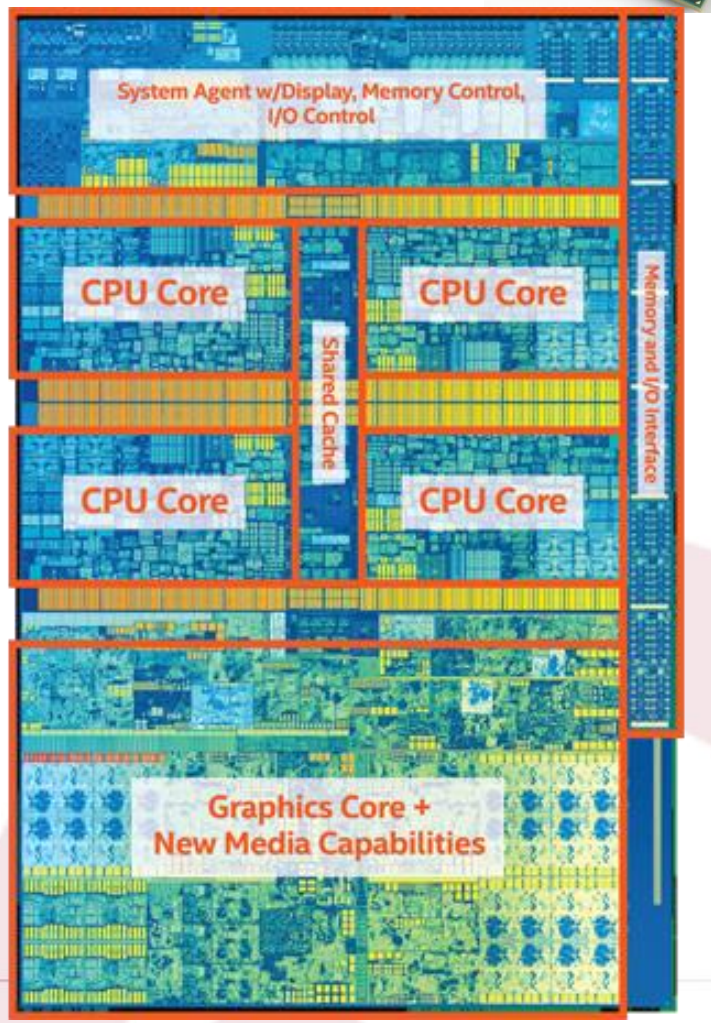
# Elementos básicos de hardware

- ✓O SO interage com o hardware do sistema
  - ✓Processador
  - ✓Memória (primária e secundária)
  - ✓Dispositivos de entrada e saída
  - ✓Bus de dados

- ✓Nos slides seguintes, vamos analisar (brevemente) cada um desses elementos

# Processador

- ✓ Controla as operações de um computador
- ✓ Efetua o processamento de dados
- ✓ Designado como CPU
- ✓ As recentes evoluções levaram a processadores multicores
  - Cada core é um processador semi independente dos demais cores




https://intel.ly/2EgHkHO

# Memória principal

## ✓ Memória principal

- Armazena os dados e as instruções dos programas
- É à memória principal que o CPU vai buscar dados e instruções
- Volátil
  - Conteúdo é perdido quando se desliga o sistema
- Tempo de acesso
  - De 80 a 90 ns (memória dinâmica)
  - De 10 a 15 ns (memória estática, empregue em caches)
- A quantidade de memória existente num sistema computacional influencia grandemente o seu desempenho

# Memória *dinâmica*

- ✓ DRAM: *Dynamic RAM*
- ✓ Porquê dinâmica?
  - A carga elétrica do condensador que armazena o valor do bit (0 ou 1) vai-se perdendo
  - Memória precisa de ser refrescada periodicamente
    - Circuito externo lê valor do bit e volta a escrevê-lo
    - O período de refrescamento depende da temperatura, da densidade da célula, etc.
    - Período de refrescamento da norma DDR
      - 64 ms (*retention time).* Com temperaturas > 85ºC, passa para 32 ms
    - O refrescamento é dividido em (tipicamente) 8192 micro operações
      - 8192 micro-operações  64000 µs / 8192 =  7.8µs por cada operação

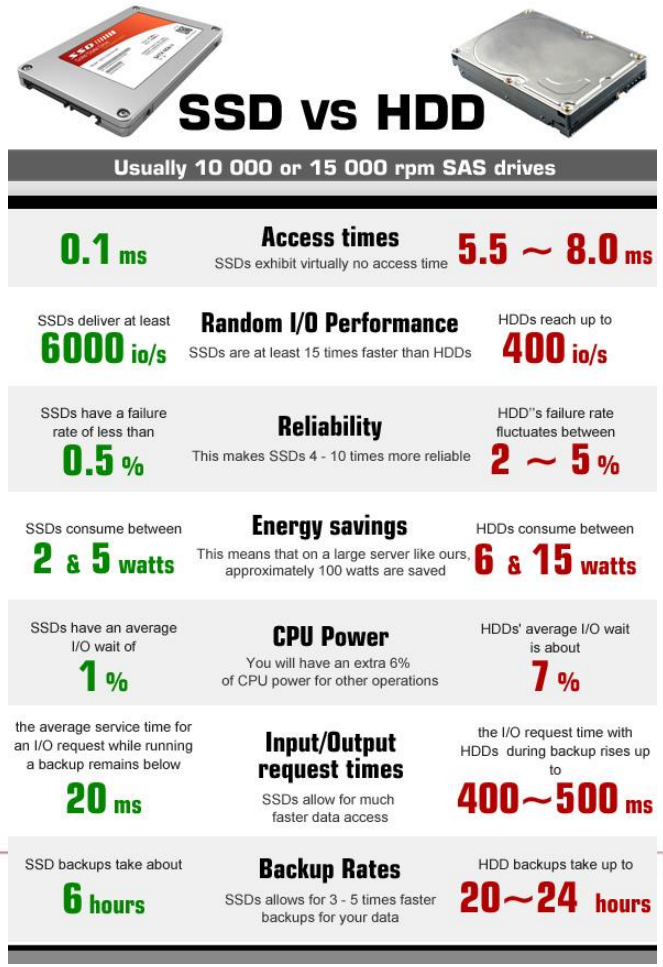
http://utaharch.blogspot.com/2013/11/a-dram-refresh-tutorial.html

# Memória secundária

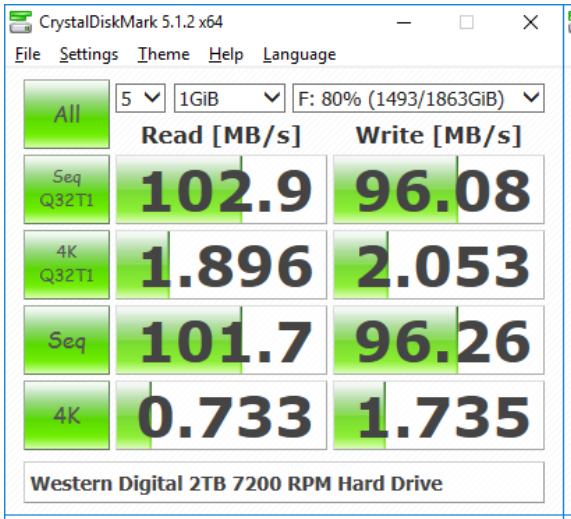
- ✓ Memória secundária
  - Memória persistente (i.e., não volátil)
    - Conteúdo persiste para além da sessão atual
  - Empregue para ficheiros e para memória virtual
- ✓ Exemplos
  - Disco (HDD ou SSD), PEN USB, etc.
- ✓ Características
  - Mais barata do que memória RAM
  - Mais lenta do que memória RAM
    - Tempo acesso a disco: HDD: +/-10 ms, SSD: +/-0.1 ms

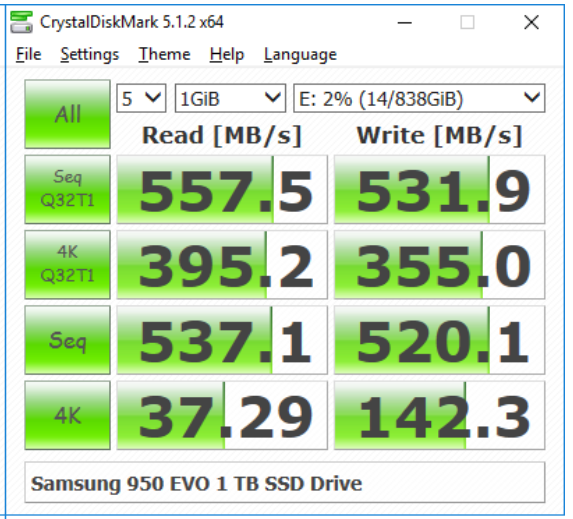
# HDD vs. SSD vs NVMe

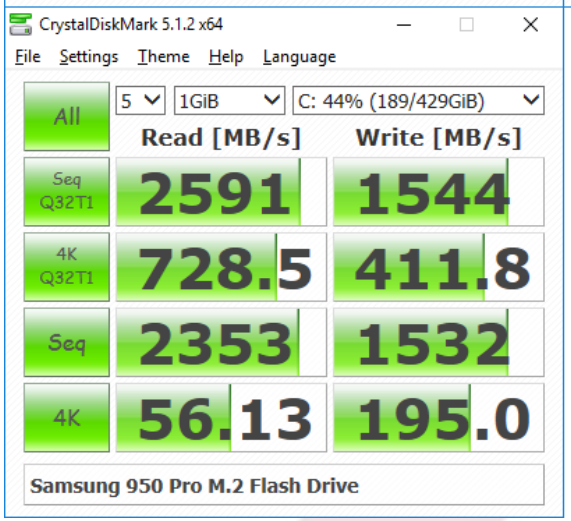
- Comparação
  - O HDD apresentado é de elevada qualidade: acesso 5.5 a 8.0 ms
  - SSD substancialmente mais rápido
  - NVMe ainda é mais rápido




- HDD vs. SSD vs. NVMe



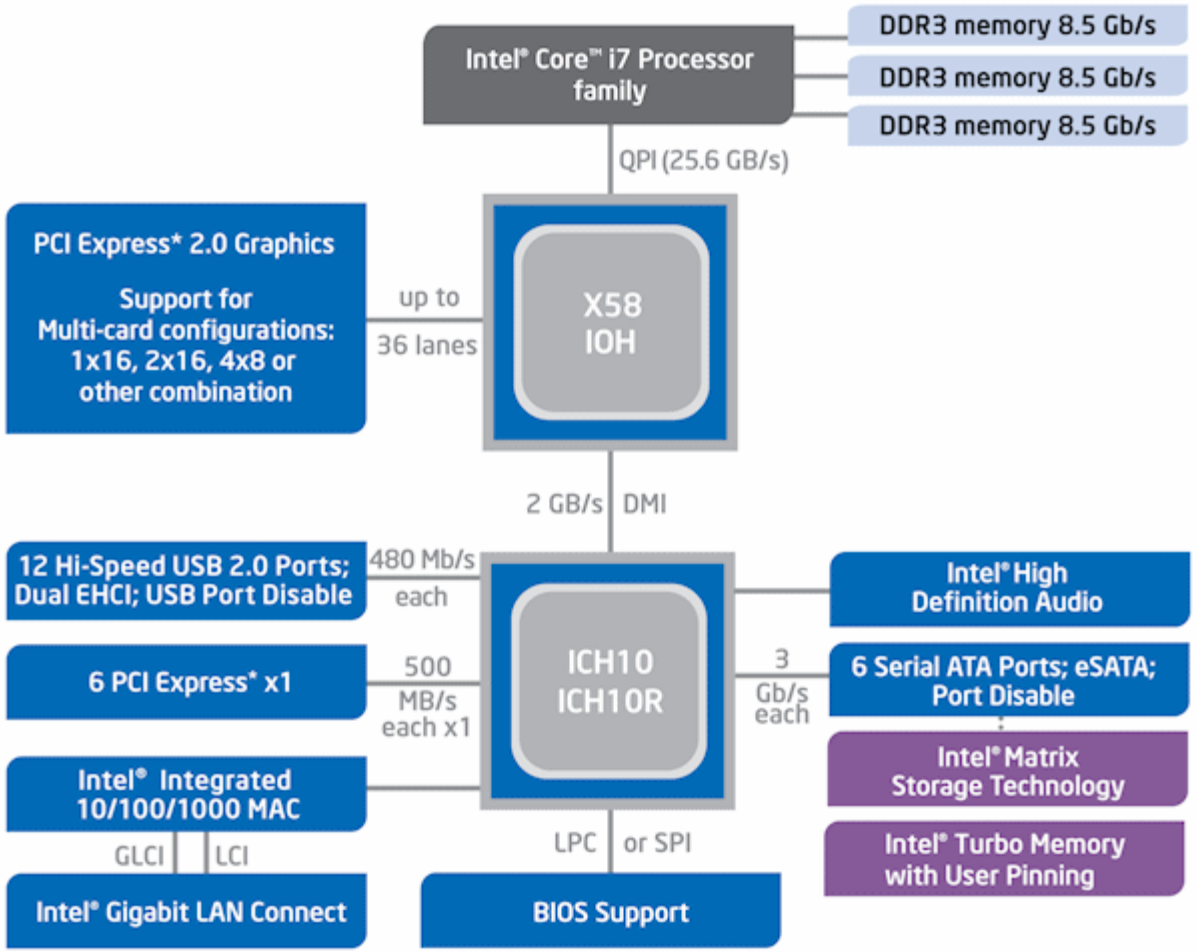

**Performance Summary:**

Hard Drive: 103 MB/sec read, 96 MB/sec write speed
SSD Drive: 558 MB/sec read, 532 MB/sec write speed
M.2 Drive: 2591 MB/sec read, 1544 MB/sec write speed

**In Read Performance:**
**SSD is 5x Faster than HDD**
**M.2 is 5x Faster than SSD**
**M.2 is 25x Faster than HDD**

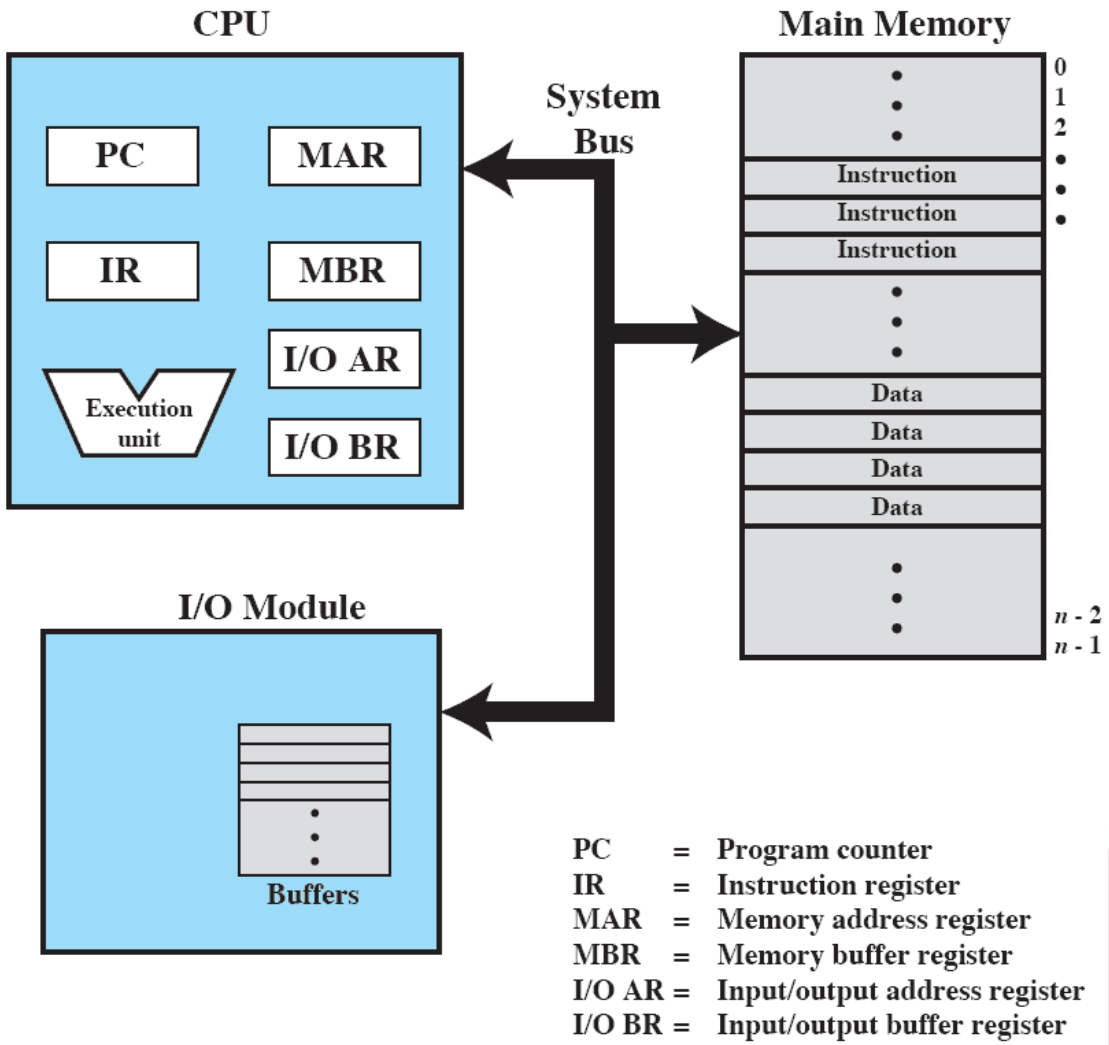
# Interação com dispositivos E/S

- ✓ Bus: permitem a comunicação/interação entre processador(es), memória principal e móldulos de E/S



# Funcionamento computador

- ✓ CPU executa instruções sobre dados
- ✓ CPU lê instruções da memória e lê/escreve dados da memória
- ✓ CPU interage com dispositivos de E/S (leitura de teclado, escrita para disco, ...)



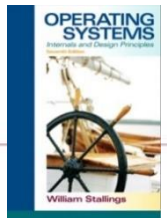




**Figure 1.1 Computer Components: Top-Level View**

# Interrupções (1)

- ✓ Mecanismo de interrupções
  - Interrompe a atividade corrente do CPU
- ✓ Visa melhorar a taxa de utilização do CPU
  - A maior parte dos dispositivos de E/S são mais lentos que o CPU
  - Quando interage com esses dispositivos, o CPU tem que esperar pelos dispositivos
    - E.g, leitura de um bloco de um ficheiro que está no disco
- ✓ Esperar pelos dispositivos leva o CPU a desperdiçar preciosos ciclos de relógio
  - Leitura do bloco do disco

    - 10 ms de tempo de acesso
    - 10 ms = 1 milhão de ciclos de relógio num CPU a 1GHz…

# Interrupções (2)

- ✓ O mecanismo de interrupções permite interromper o CPU apenas quando é necessária a intervenção do CPU
- ✓ Exemplo
  1. Leitura de um bloco de dados do disco rígido/SSD
  2. CPU lança operação de leitura ao controlador do disco
  3. Controlador do disco executa ordem
  4. Entretanto o CPU executa outros processos (não fica à espera!)
  5. Controlador do disco terminou leitura
     - Lança interrupção para avisar/interromper CPU
  6. CPU retoma a execução do programa que requerera a leitura do bloco de dados do disco

# Tipos de interrupções

- ✓ Dois tipos principais de interrupções
  - Hardware
    - Dispositivo de hardware interrompe o CPU
  - Software
    - i) Situação anormal no CPU (exceção)
      - E.g. tentativa de divisão por zero
    - ii) Instrução de interrupção ("`int`")
      - Quando executada, a instrução provoca uma interrupção

Interrupções por hardware >>

# Interrupção de *hardware*

- Interrupção de hardware
  - Dispositivos de hardware como discos, placas de rede, teclados, ratos, temporizadores,…
  - Cada dispositivo (ou grupo de dispositivos) tem o seu *Interrupt ReQuest* (IRQ)
  - O CPU é interrompido, despachando o pedido para o *driver* do *hardware*
- (continua)
  - O driver é executado no CPU
  - Outras interrupções de hardware poderão interromper o driver
  - No caso do relógio de tempo real, o SO poderá escalonar outro processo
    - SO multitarefa preemptivo (estudado mais adiante)

# Tratamento de interrupções (1)

- ✓ CPU está a executar um processo
- ✓ CPU recebe pedido de interrupções
  - Lança rotina de tratamento da interrupção
- ✓ Findo o tratamento, o CPU regressa ao que estava a fazer

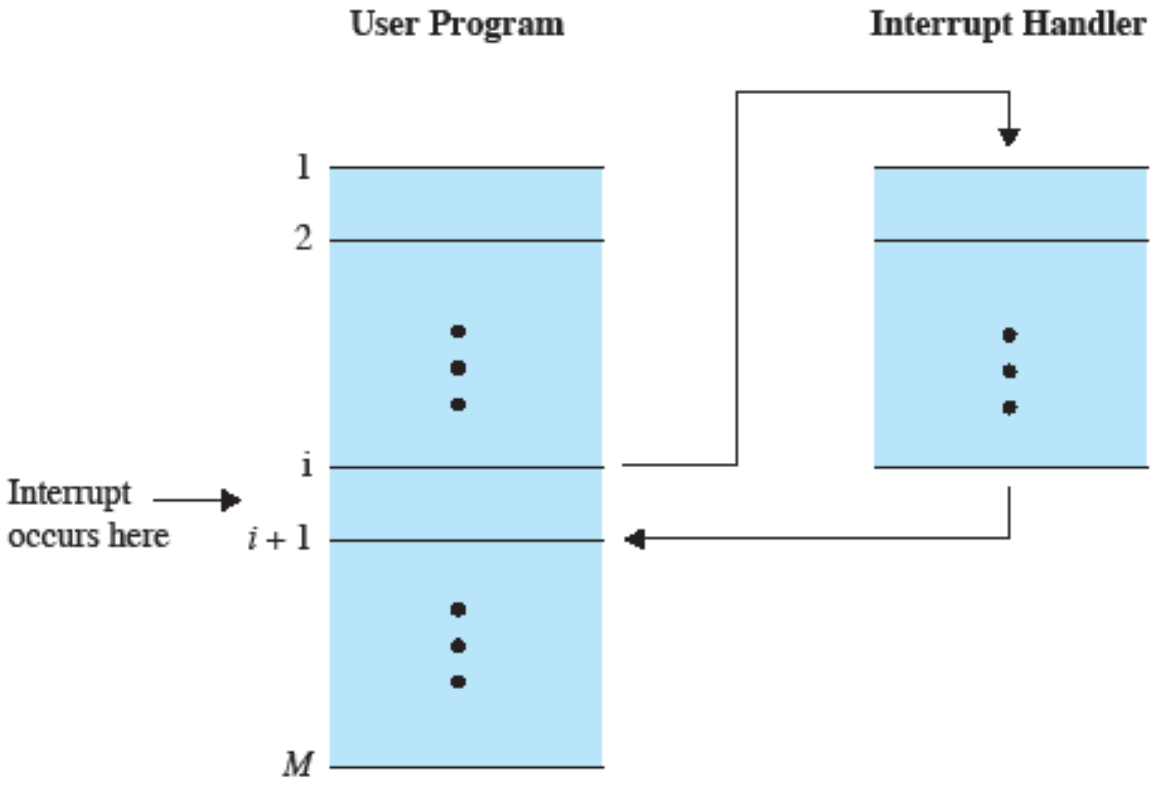
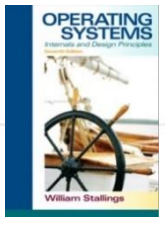



**Figure 1.6 Transfer of Control via Interrupts**



# Interrupção de *software*

- Interrupção de *software*
  - Dois subtipos
    - i) Gerada por anomalia de um processo em execução
    - ii) Instrução do CPU para interrupção por software
- i) Desencadeada por ocorrência de anomalia
  - SO captura a exceção e decide o que fazer com o processo
  - Também designada por exceção/*trap*
  - Exemplos
    - Tentativa de divisão por zero
    - Acesso a zona de memória proibida ao processo
- (continua)
- ii) instrução do CPU que origina uma interrupção quando executada
  - Instrução INT
  - Solicita um serviço
  - Similar à uma chamada a uma função
  - Exemplo
    - Solicitar leitura de um bloco do disco
    - Disponibilizar o CPU ao Sistema operativo através da chamada YIELD
    - …

# Exemplos de interrupções

- ✓ Interrupção por Hardware
  - Timer (Real Time Clock – RTC)
    - Interrupção criada por um temporizador existente no sistema. Esta interrupção permite que o SO tome periodicamente o controlo do CPU
  - Entrada/Saída
    - Notificar o CPU do término de uma operação (e.g., disco terminou uma operação de leitura)
  - Falha de hardware
    - Erro de hardware, como falha na paridade em memória
- ✓ Interrupção por software
  - Tentativa de execução de atividade não permitida
    - ***divisão por zero***, ***overflow aritmético***, tentativa de executar **instrução inválida** ou **inacessível**

# Técnicas de tratamento de E/S

- ✓ Quando o CPU encontra uma instrução de E/S, o CPU envia um comando ao módulo apropriado de E/S (*device driver*)
  - **Exemplos:** placa de rede (chegou novo pacote), controlador de disco (para leitura ou escrita de bloco)...
- ✓ A interação com E/S pode decorrer de três formas (dependendo do tipo de dispositivo)
  - E/S programado
  - E/S através de interrupções
  - Acesso direto à memória (DMA – Direct Access Memory)

# E/S programado

- O módulo de E/S executa a operação solicitada e quando terminada, ativa os bits correspondentes no registo de estado ("status register")
- O CPU verifica periodicamente o registo de estado por forma a determinar quando é que a operação solicitada está completa

- Análise ao E/S programado
  - O nível de desempenho do sistema baixa substancialmente dado o CPU ter que periodicamente analisar o registo de estado

# E/S através de interrupções

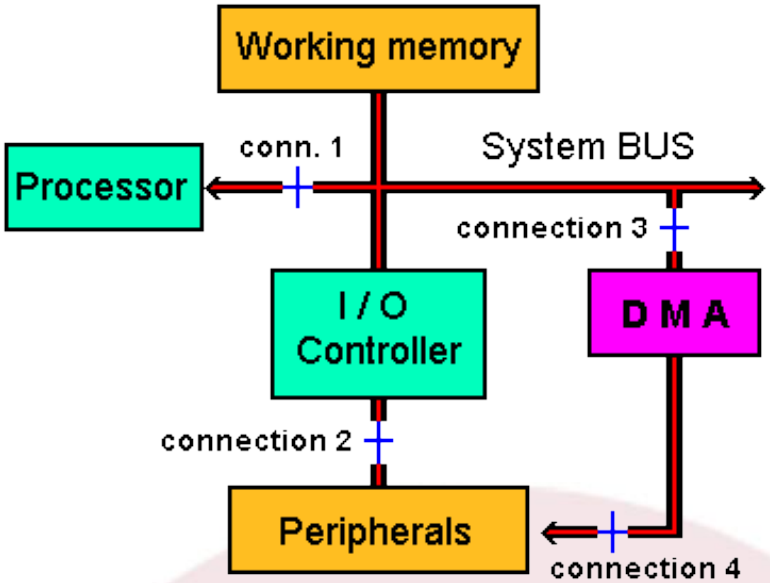
1. O CPU lança comando de E/S ao módulo apropriado e prossegue para executar outro processo
2. O módulo de E/S executa a operação, interrompendo o CPU quando precisa de interagir (e.g., dados estão disponíveis para serem transferidos pelo CPU)
3. O processador processa a interrupção (e.g., efetua a transferência dos dados)

✓ Análise ao E/S através de interrupções

- Melhor do que E/S programado, mas CPU ainda envolvido na transferência dos dados

# E/S via DMA

- ✓ Acesso direto à memória (DMA)
  - Os dados a transferir de/para o dispositivo são lidos/escritos diretamente na memória
  - O CPU praticamente apenas intervém no início da operação (para indicar a operação, a quantidade de dados, endereço em memória, etc.)
    - CPU fica livre para efetuar outras operações
- ✓ Análise ao E/S via DMA
  - Requer suporte de DMA por parte do dispositivo de E/S
  - Apenas se justifica para dispositivos que manipulam elevadas volumes de dados (e.g., discos HDD e SSD, placas gráficas)



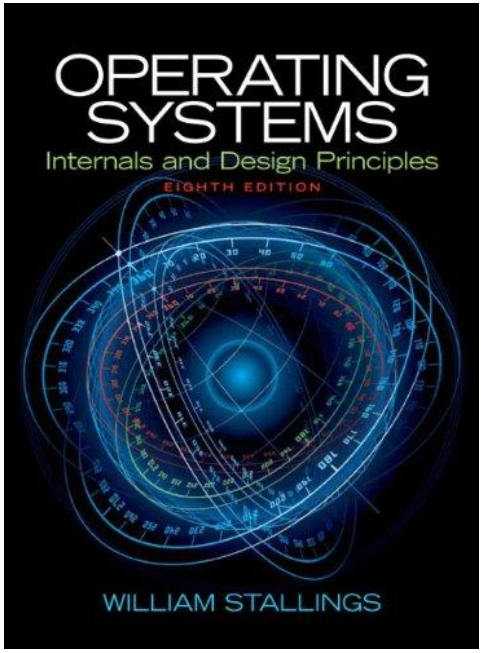

http://bit.ly/2s5iLVV

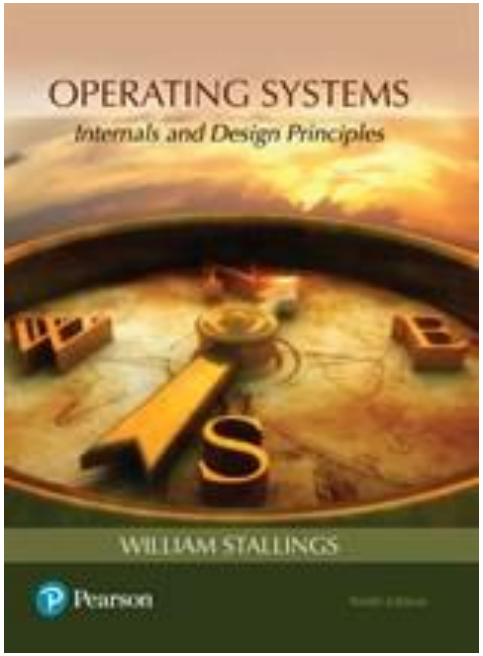
# Código aberto...

# Bibliografia

- ✓ Capítulos 1 e 2 de “Operating Systems – Internals and Design Principles”, William Stallings, 8ª edição, 2014

- ✓ Capítulo 1 e 2 de “Operating Systems – Internals and Design Principles”, William Stallings, 9ª edição, 2017



# Bibliografia (2)

- ✓ *"Human history - Triumph Of The Nerds, History Of Personal Computers"*, 1995
  - Documentário sobre os pioneiros do PC
  - Pesquisar "Triumph of the nerds" no Youtube

# Bibliografia (3)

- ✓ “Nerds 2.0.1“ (3 episódios)
  - Nerds 2.0.1: Networking the Nerds
  - Nerds 2.0.1: Serving the suits
  - Nerds 2.0.1:A brief history of the Internet
- ✓ +info: http://www.imdb.com/title/tt0207264/