

云计算与大数据应用开发

第二章：虚拟化技术

丁烨

dingye@dgut.edu.cn

计算机科学与技术学院

2025-03-05



東莞理工學院
DONGGUAN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

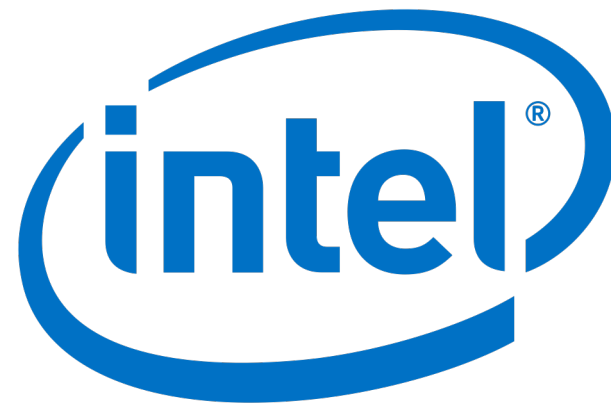
1 虚拟化与云计算

2 虚拟化平台概览

3 Docker 与 Kubernetes

4 适用于 Linux 的 Windows 子系统

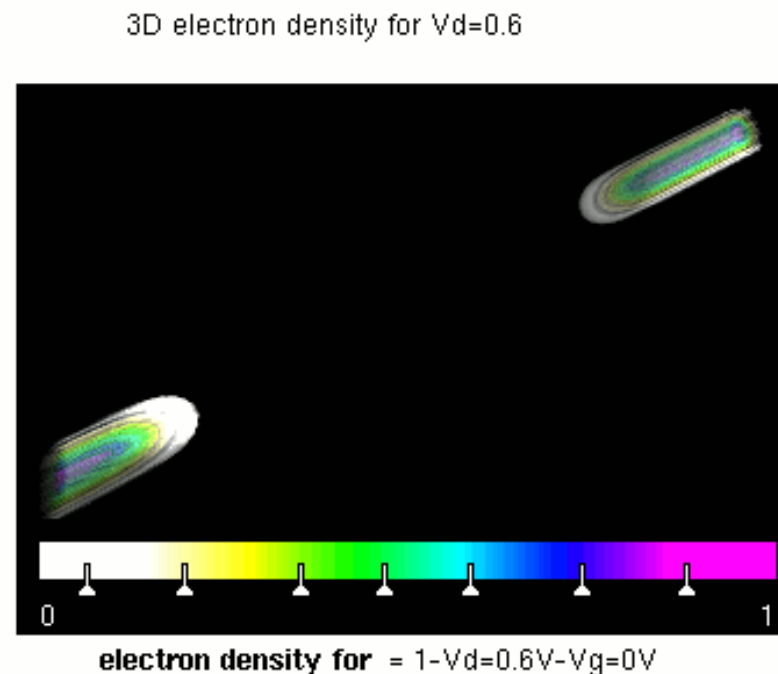
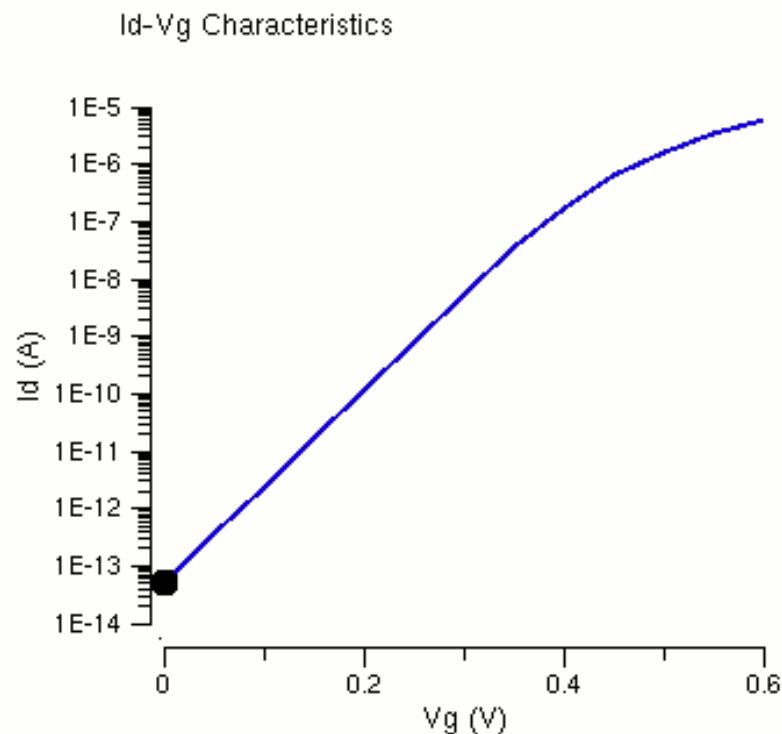
- ❖ 摩尔定律 (Moore's Law)
- ❖ 由英特尔创始人之一戈登·摩尔 (Gordon Moore) 提出
- ❖ 集成电路上可容纳的晶体管数目，约每隔两年便会增加一倍
- ❖ 半导体行业大致按照摩尔定律发展了半个多世纪
- ❖ 摩尔定律对二十世纪后半叶的世界经济增长做出了贡献，并驱动了一系列科技创新、社会改革、生产效率的提高和经济增长
- ❖ 个人计算机、互联网、智能手机等技术改善和创新都离不开摩尔定律的延续



摩尔定律



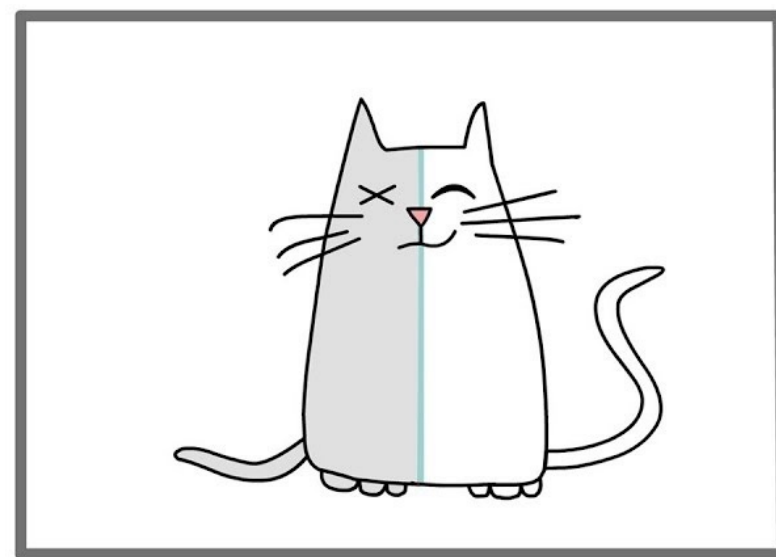
- ❖ 随着新工艺节点的不断推出，晶体管中原子的数量已经越来越少
- ❖ 种种物理极限制约着其进一步发展
- ❖ 比如当闸极长度足够短的时候，量子隧穿效应就会发生，会导致漏电流增加
- ❖ 摩尔定律的终点究竟还有多远？



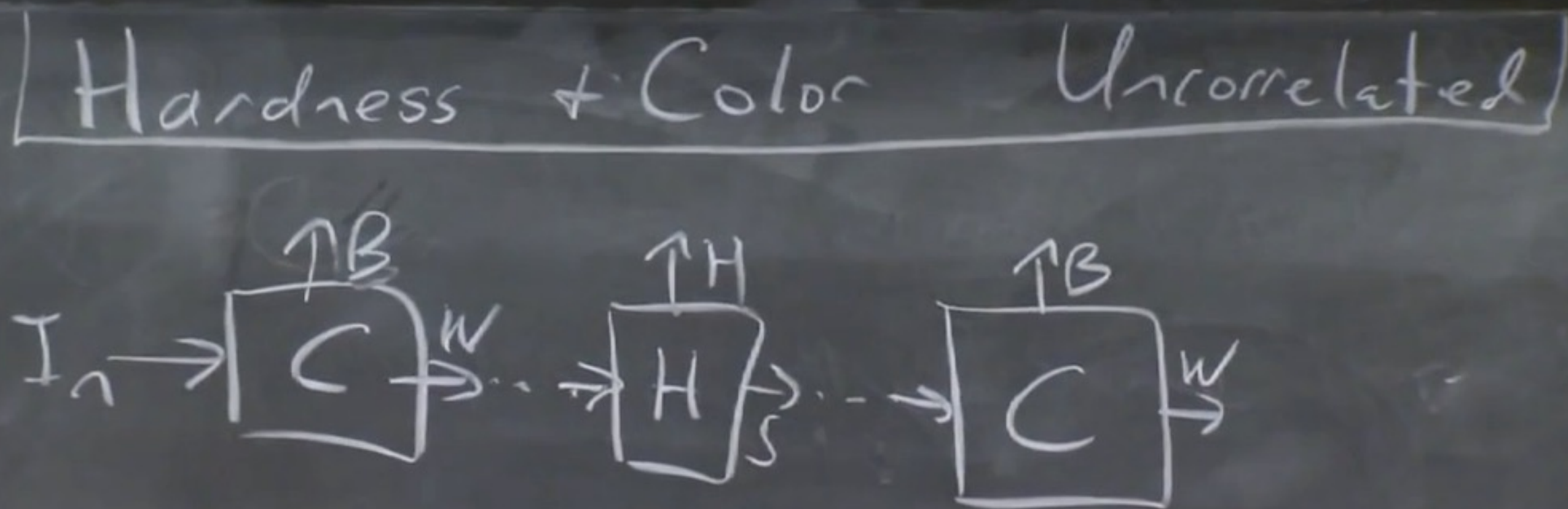
- ❖ 量子计算 (Quantum Computing)
- ❖ 传统电子计算机中仅有 0 和 1 两种状态
- ❖ 量子比特可以是 1 也可以是 0，或两种状态同时存在
- ❖ 原理：量子叠加 (Quantum Superposition)

- ❖ 薛定谔的猫 (Schrodinger's Cat)
- ❖ 将一只猫关在装有少量镭和氰化物的密闭容器里
- ❖ 镭的衰变存在几率，如果镭发生衰变，会触发机关打碎装有氰化物的瓶子，猫就会死；如果镭不发生衰变，猫就存活
- ❖ 必须在打开箱子后才知道结果
- ❖ 根据量子叠加 (Quantum Superposition) 理论，由于放射性的镭处于衰变和没有衰变两种状态的叠加，猫就理应处于死猫和活猫的叠加状态
- ❖ 这只既死又活的猫就是所谓的“薛定谔猫”

Schrödinger's Cat



- ❖ MIT OCW: 物理系 Allan Adams 带您直观理解何为“叠加态”和“态叠加原理”
- ❖ <https://www.bilibili.com/video/av16847969/>



- ❖ 云计算 (Cloud Computing)
- ❖ 云计算是一种基于互联网的计算方式
- ❖ 通过这种方式，共享的软硬件资源和信息可以按需求提供给各种计算设备
- ❖ 云计算是继 1980 年代大型计算机到客户端 - 服务器的大转变之后的又一种巨变
- ❖ 用户不再需要了解“云”中基础设施的细节，也无需直接进行控制
- ❖ 云计算描述了一种基于互联网的新的 IT 服务增加、使用和交付模式
- ❖ 通常涉及通过互联网来提供动态易扩展而且经常是虚拟化的资源



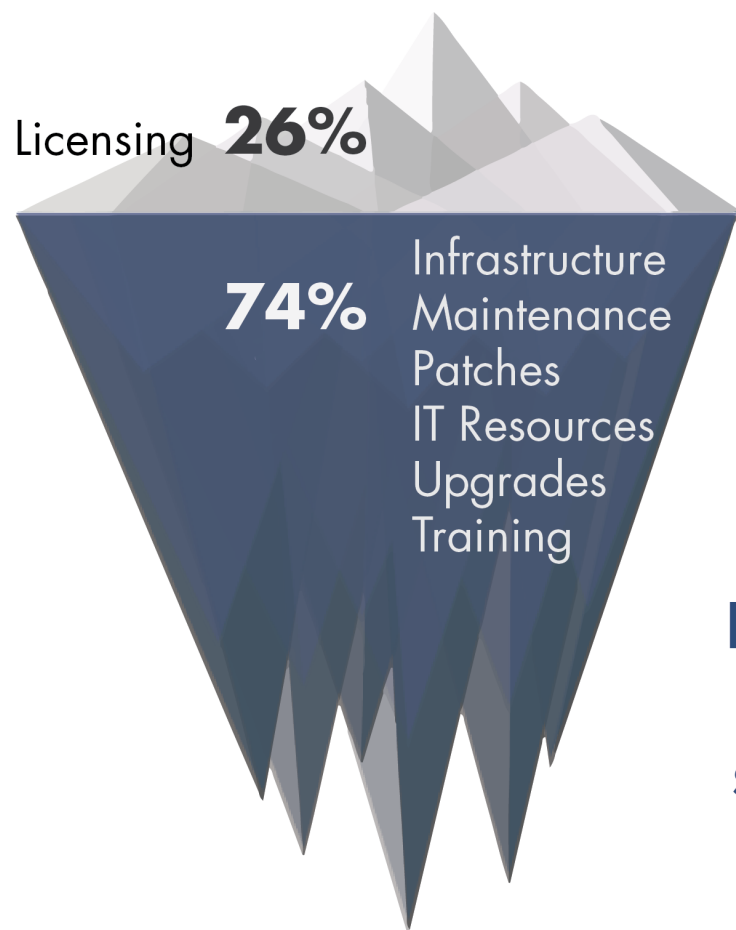
ALLUXIO

通过**虚拟化**，虚拟服务器可以强大到将整个数据库放进内存里

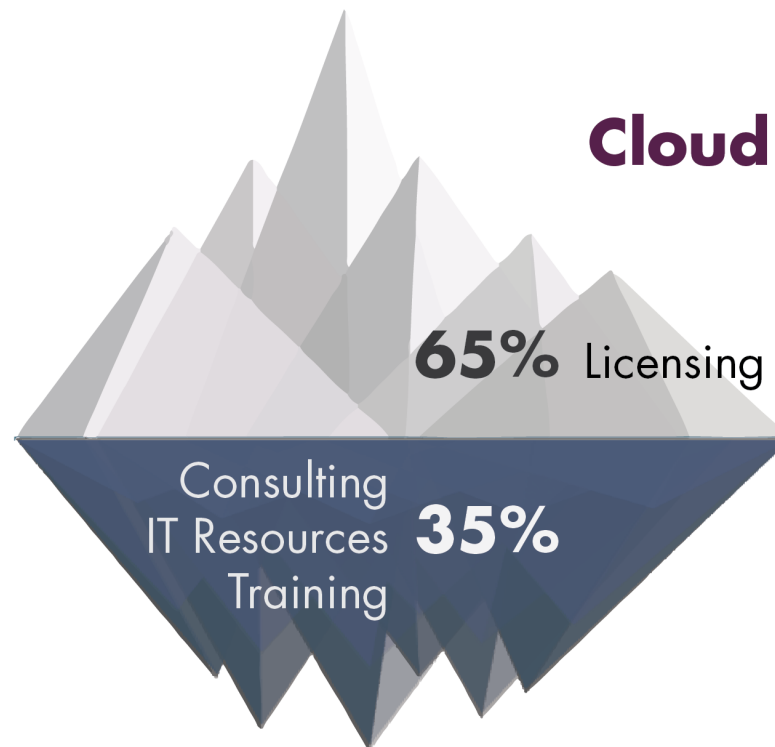
- ❖ 软件即服务（Software as a Service, SaaS）
- ❖ 一种软件交付模式，在这种交付模式中，软件仅需透过互联网，不须经过传统的安装步骤即可使用，软件及其相关的数据集中托管于云端服务
- ❖ 用户通常使用精简客户端，一般即经由网页浏览器来访问、访问软件即服务
- ❖ SaaS 最大的特色在于软件本身并没有被下载到用户的硬盘，而是存储在提供商的云端或者服务器
- ❖ 对比传统软件需要花钱购买、下载，软件即服务只需要用户租用软件，在线使用，不仅大大减少了用户购买风险也无需下载软件本身，无设备要求的限制



On-Premises



Cloud



Industry research shows that the total cost of ownership (TCO) for an on-premises system will be more than double that of a SaaS-based cloud solution.*

*Cost compared over four years for 100 users. Average on-premises TCO of \$1,400,570 as compared to \$697,656 for a cloud-based solution.

1 虚拟化与云计算

2 虚拟化平台概览

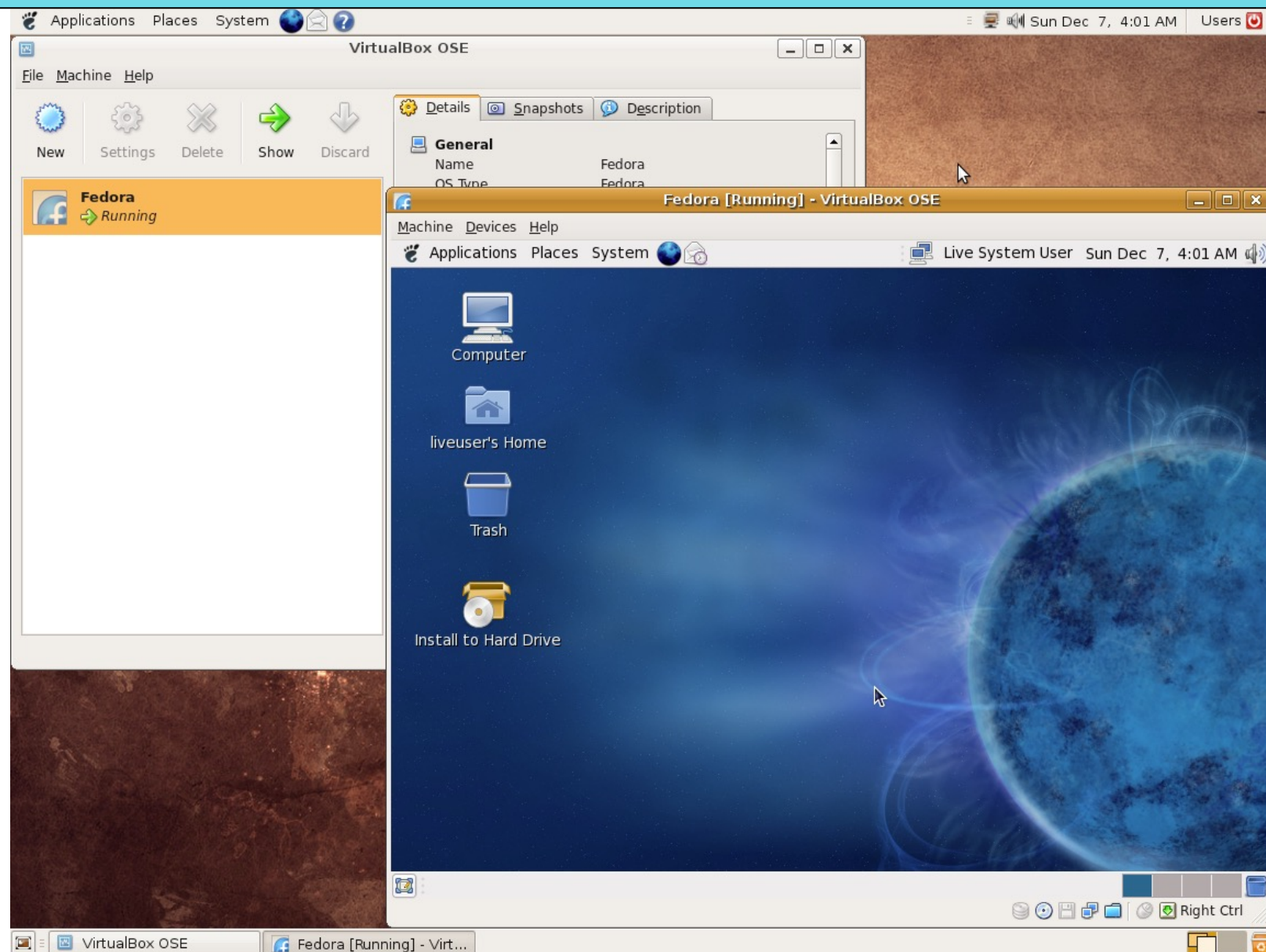
3 Docker 与 Kubernetes

4 适用于 Linux 的 Windows 子系统

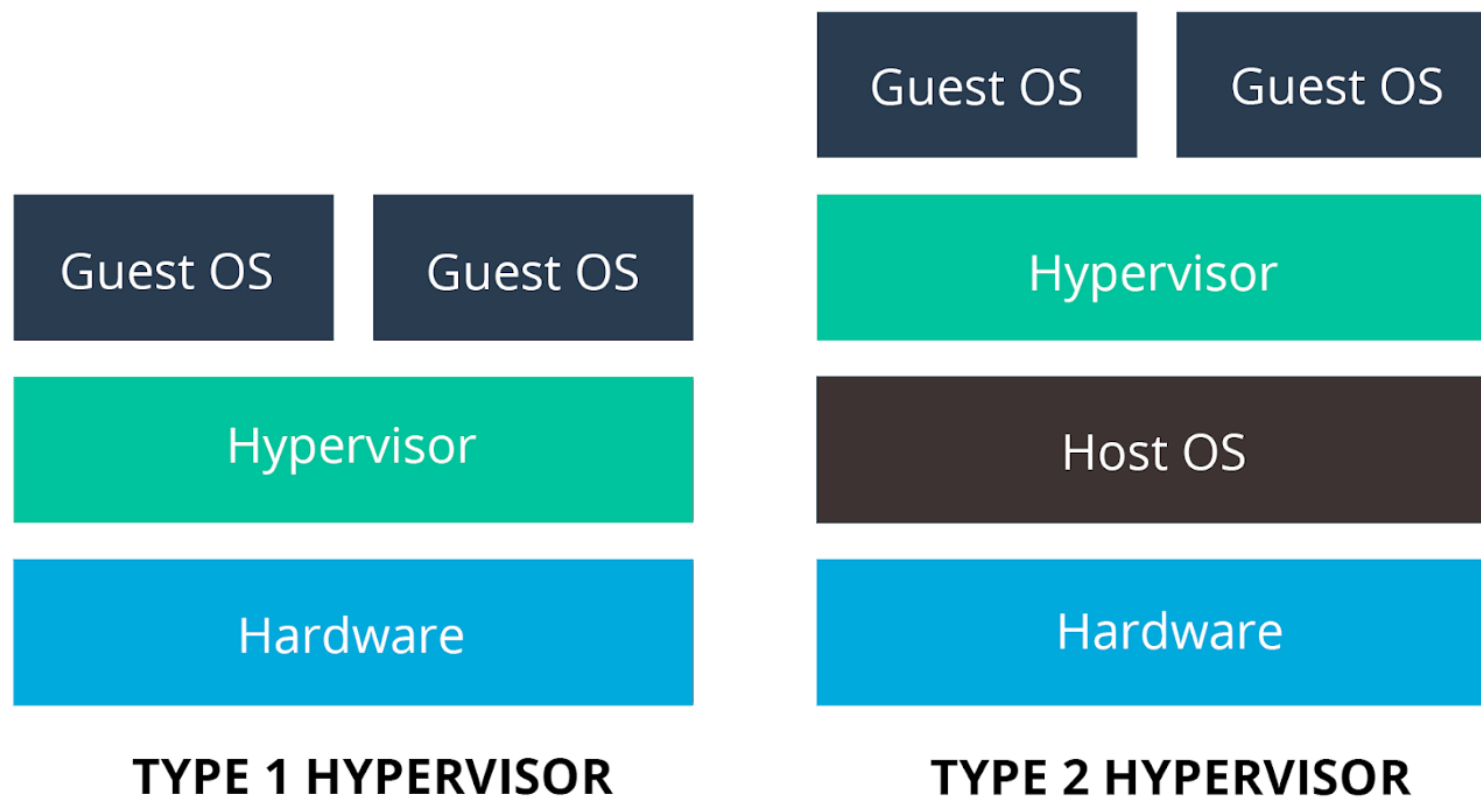
- ❖ 虚拟化 (Virtualization)
- ❖ 一种资源管理技术
- ❖ 将计算机的各种实体资源 (CPU、内存、存储、网络等) 予以抽象、转换后呈现出来
- ❖ 资源可被分割也可被组合，打破实体结构间不可切割的障碍
- ❖ 用户可以通过比原始配置更好的方式来使用这些计算机硬件资源
- ❖ 虚拟化后的资源不受地域或物理配置限制

- ❖ 虚拟机 (Virtual Machine)
- ❖ 在软件环境中虚拟一套硬件环境，提供操作系统等软件支持
- ❖ 通常包含以下的虚拟化技术：
- ❖ 虚拟内存：将不相邻的内存区，甚至硬盘空间虚拟成统一连续的内存地址
- ❖ 虚拟存储：将实体存储空间分隔成不同的逻辑存储空间，例如：LVM、JBOD
- ❖ 虚拟网络：将物理上不在一起的机器虚拟到同一个网络中，例如：VPN
- ❖ 虚拟交互：将本地的 HCI 硬件（例如鼠标、键盘等）映射到虚拟化环境中

- ❖ 虚拟机是一种特殊的软件，可以在计算机平台和终端用户之间创建一种环境
- ❖ 而终端用户则是基于这个软件所创建的环境来操作被虚拟的软件
- ❖ 虚拟机最初由 **Popek** 和 **Goldberg** 定义为“有效的、独立的真实机器的副本”
- ❖ 需要满足**高效性**、资源控制和同质性



- ❖ “高效性”要求虚拟机软件（**Hypervisor**）需要直接与硬件交互
- ❖ 同时需要依赖一定的**硬件虚拟化**，尤其是 CPU（**特权指令**问题）



- ❖ Intel 及 AMD 已经为自己的处理器 / 芯片组产品加入**硬件虚拟化**功能
- ❖ Intel 有 Intel VT-x (CPU 虚拟化) 及 Intel VT-d (IO 虚拟化)
- ❖ AMD 有 AMD SVM (CPU 虚拟化) 及 IOMMU (IO 虚拟化)
- ❖ 常见的 **Type 1 Hypervisor** 包括:
- ❖ Xen、VMware ESXi、Microsoft Hyper-V



❖ 虚拟机的优点

- ❖ 创造完全隔离的操作系统环境，方便调试操作系统或调试特定程序
- ❖ 测试、使用其他操作系统而无需购买额外的硬件
- ❖ 高效、快速的部署项目而无需重复安装操作系统
- ❖ 创造安全、隔离的存储环境

- ❖ 常见的虚拟机解决方案：虚拟桌面
- ❖ 虚拟一个带有可视化桌面的操作系统
- ❖ 例如 Linux（Ubuntu、RHEL 等）、Windows、macOS、Android 等
- ❖ 常见的产品包括：
 - ❖ VMware 系列产品
 - ❖ Oracle VirtualBox
 - ❖ Windows Subsystem for Android



macOS



❖ VMware

❖ <https://www.vmware.com/>



❖ 戴尔旗下软件公司

❖ 提供云计算和硬件虚拟化的软件和服务

❖ 自称是第一个成功商业化的虚拟化 x86 架构

❖ 公司成立于 1998 年，总部设在美国加利福尼亚州帕罗奥图

❖ 创始人来自于 UC Berkeley



❖ VMware Workstation Pro

❖ <https://www.vmware.com/products/workstation-pro.html>

- ❖ VMware 公司推出的一款桌面虚拟计算软件
- ❖ 可以提供虚拟机功能，使计算机可以同时运行多个不同操作系统
- ❖ 可以使多个虚拟机（或称客户机）在同一个宿主机中运行
- ❖ 每个虚拟机相互独立，拥有各自的操作系统
- ❖ 并且各虚拟机以及宿主机相互独立，互不影响，可独立进行操作及运行应用程序
- ❖ 其中一台虚拟机关机或发生故障，不会影响其他的虚拟机及宿主机

❖ VMware Fusion

- ❖ Mac 版的 VMware Workstation Pro

- ❖ <https://www.vmware.com/products/fusion.html>

❖ VMware ESXi

- ❖ 基于 RHEL 的操作系统

- ❖ 附带 Type 1 级别虚拟机管理平台，用于分配、管理虚拟机

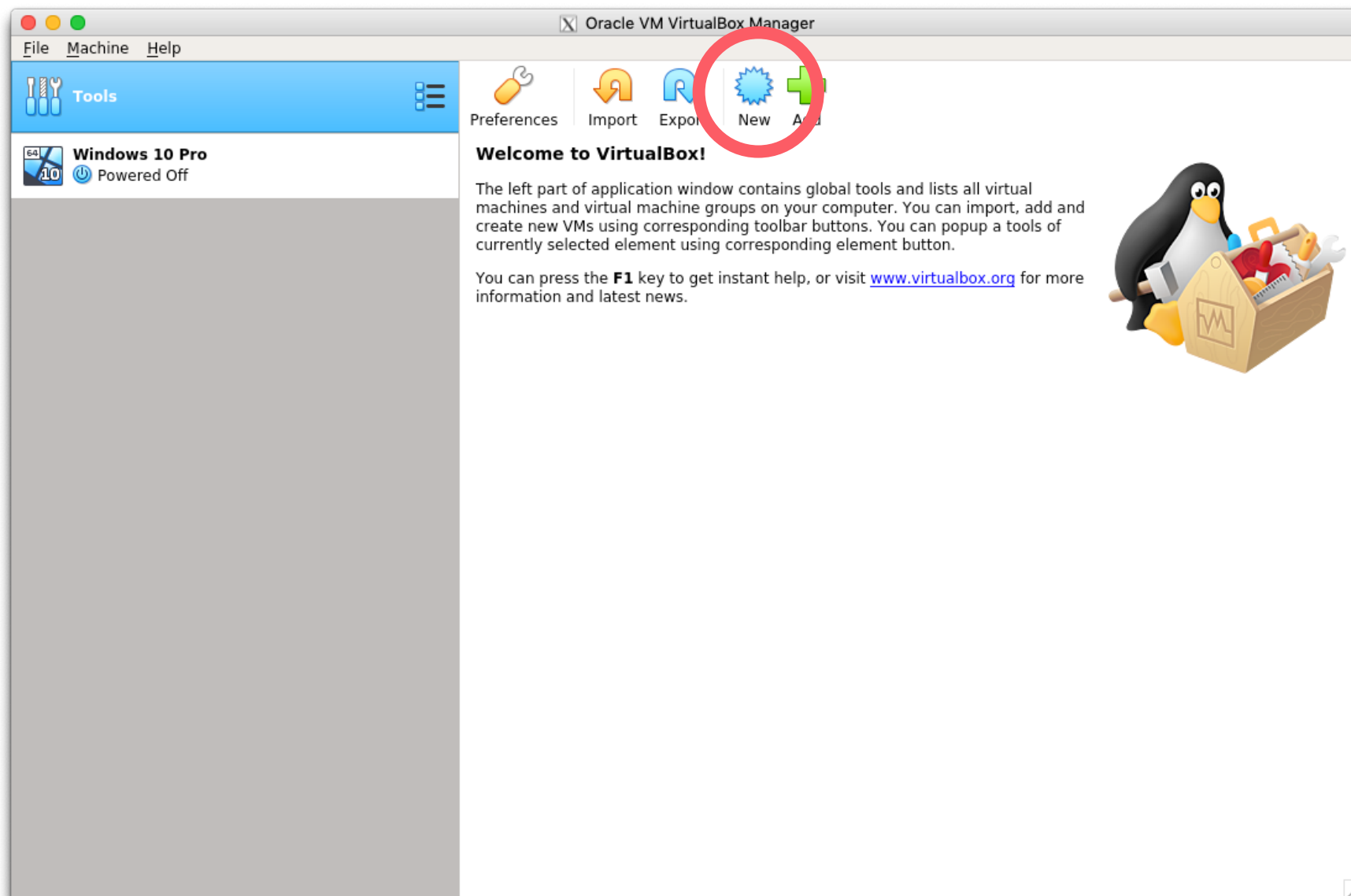
- ❖ <https://www.vmware.com/products/esxi-and-esx.html>

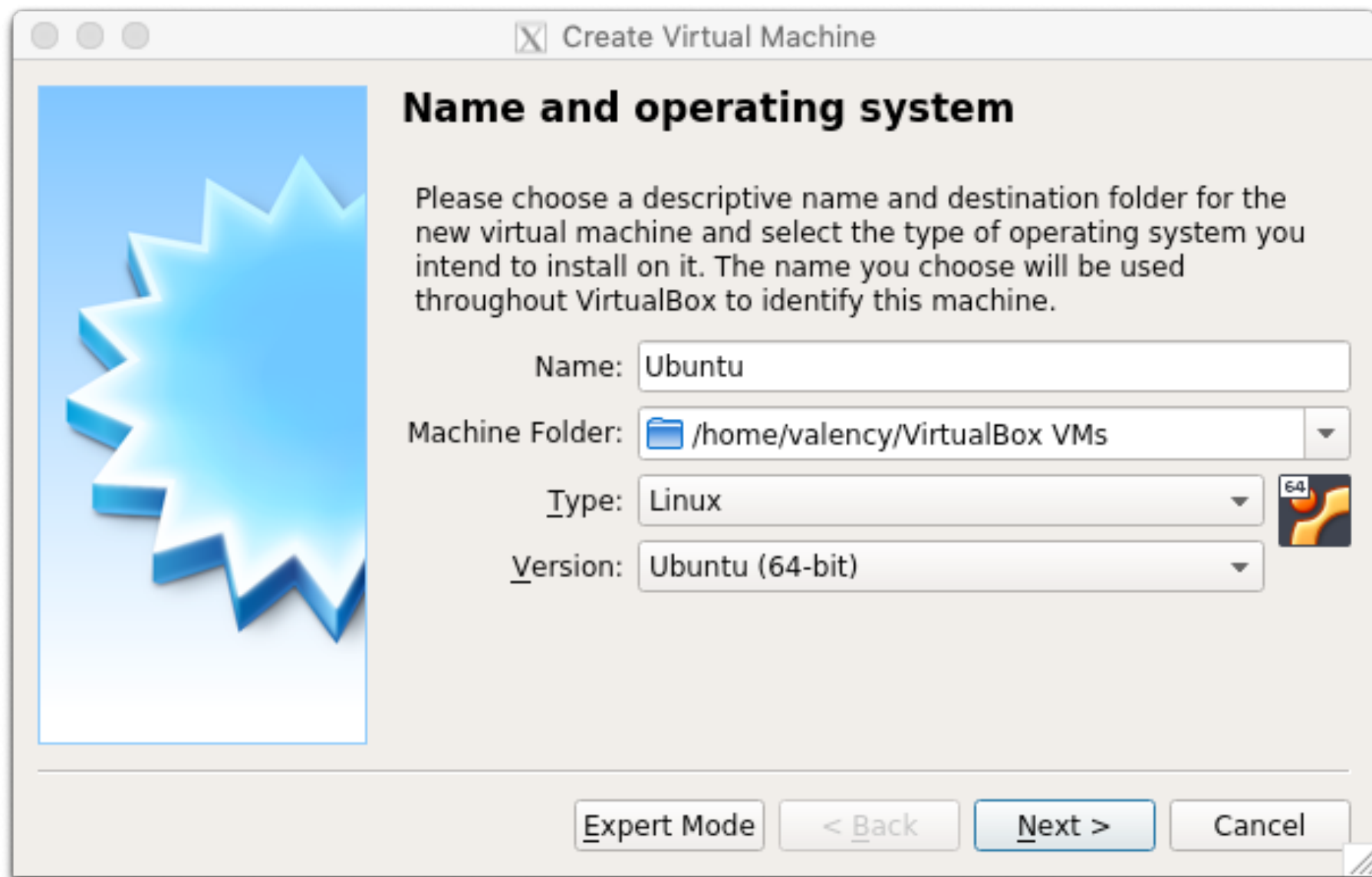


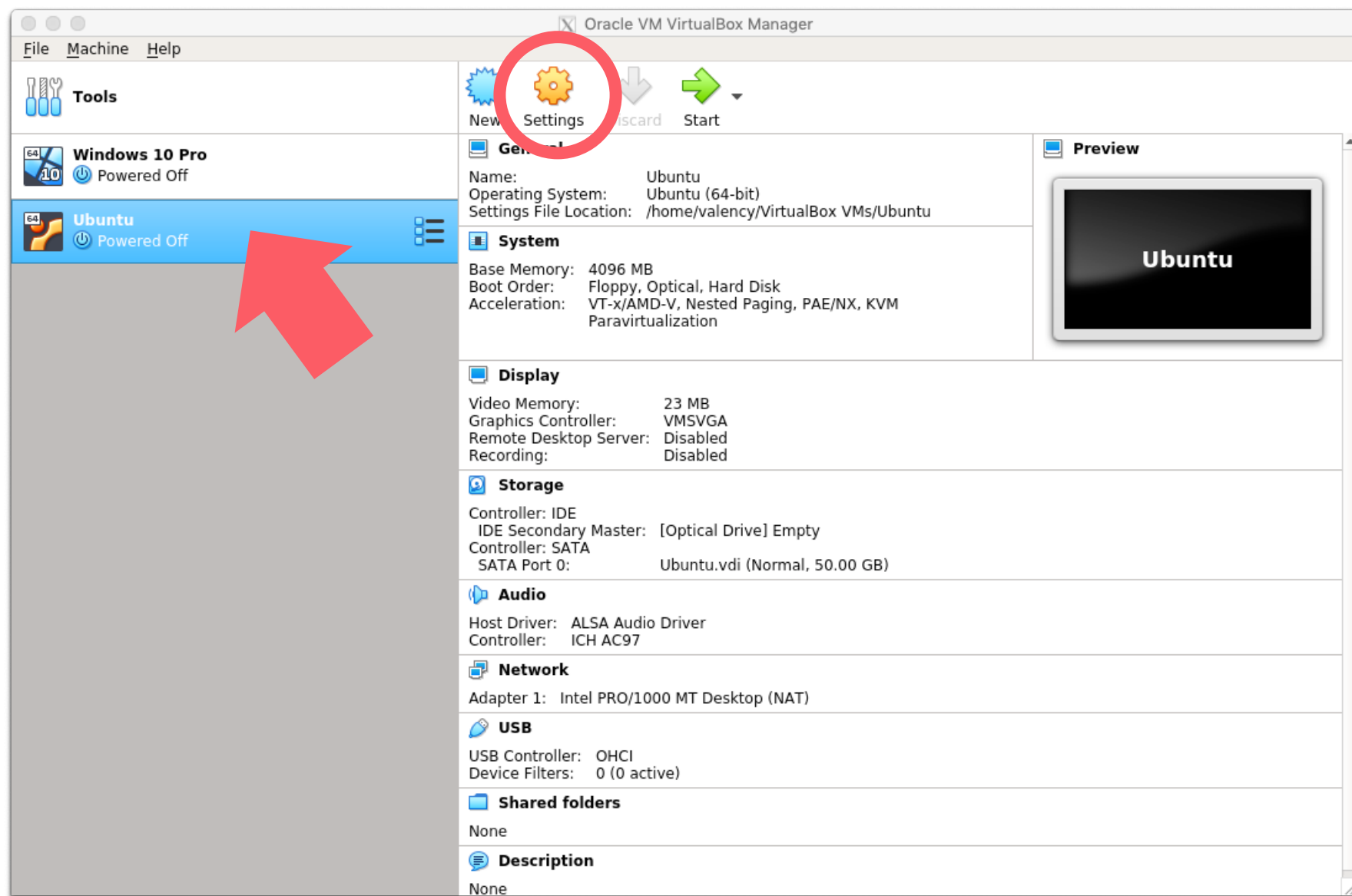
- ❖ Oracle VirtualBox
- ❖ <https://www.virtualbox.org/>
- ❖ 开源免费，源代码：<https://www.virtualbox.org/browser/vbox/trunk>
- ❖ 由德国 InnoTek 软件公司出品的虚拟机软件
- ❖ 现在则由甲骨文公司进行开发，是甲骨文公司 xVM 虚拟化平台技术的一部分
- ❖ VirtualBox 最初是以专有软件协议的方式提供，2007 年 1 月，InnoTek 以 GNU 通用公共许可证（GPL）发布 VirtualBox 而成为自由软件，并提供二进制版本及开放源代码版本的代码
- ❖ 和 VMware Workstation Pro 类似的“开源免费替代品”

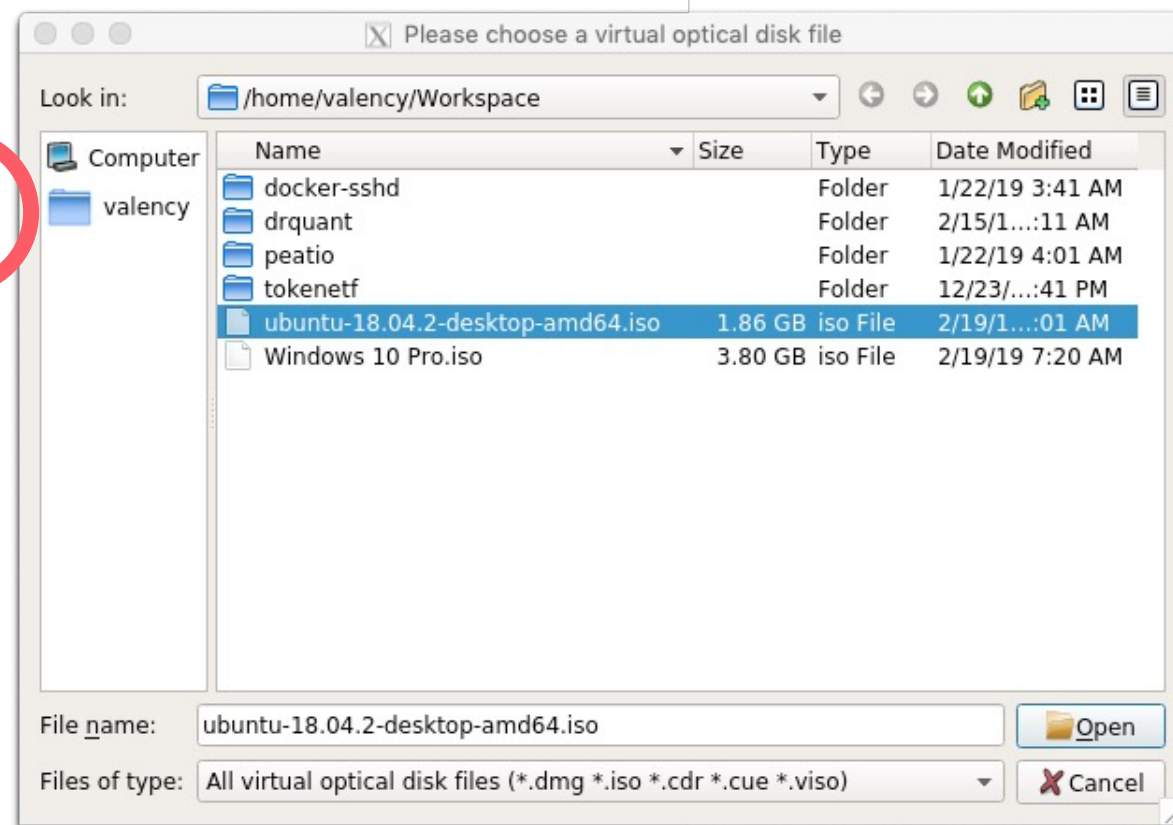
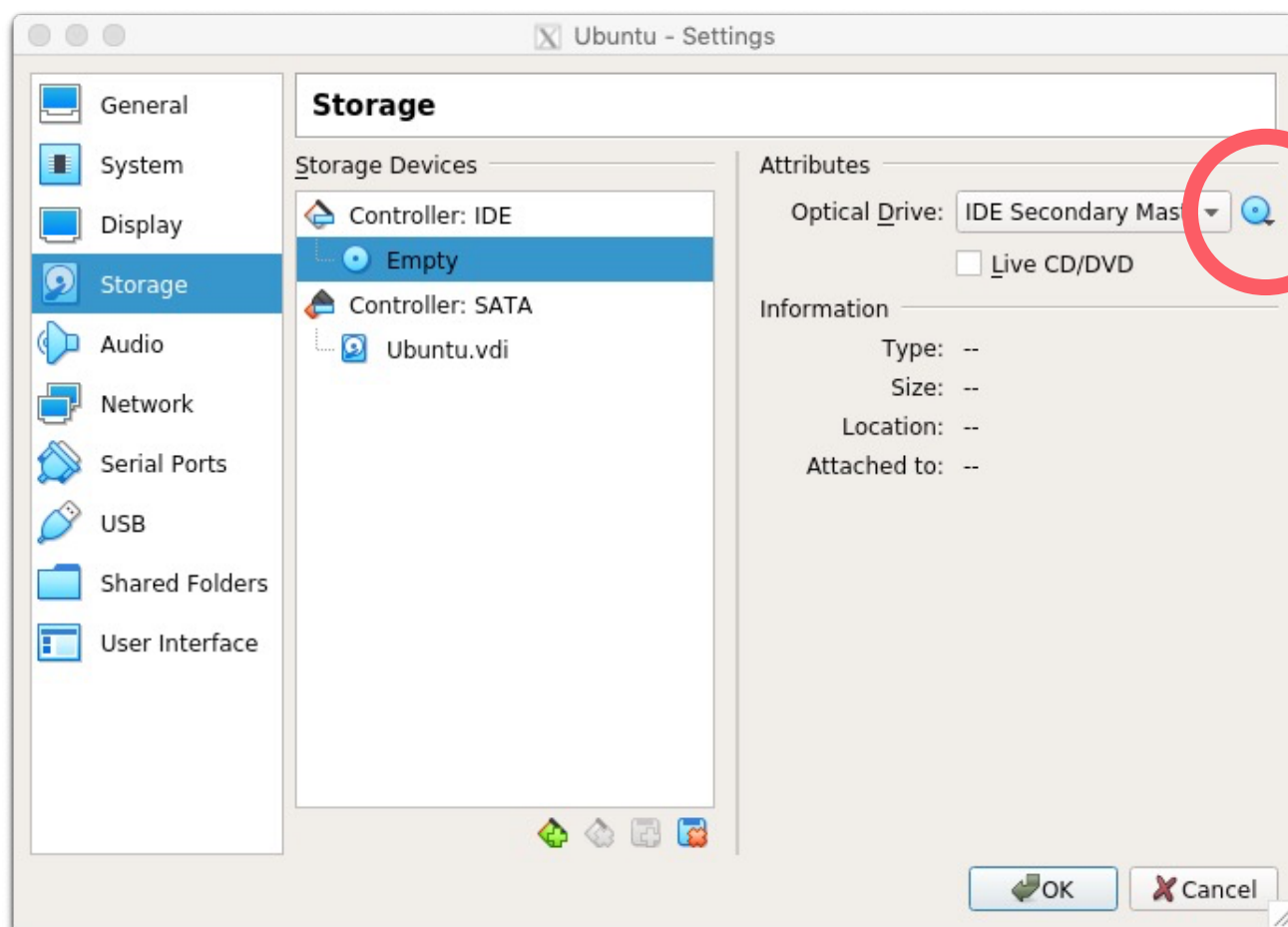
- ❖ Oracle VirtualBox
- ❖ 官方网站: <https://www.virtualbox.org/>
- ❖ 下载: <https://www.virtualbox.org/wiki/Downloads/>
- ❖ 安装指南: <https://www.virtualbox.org/manual/>

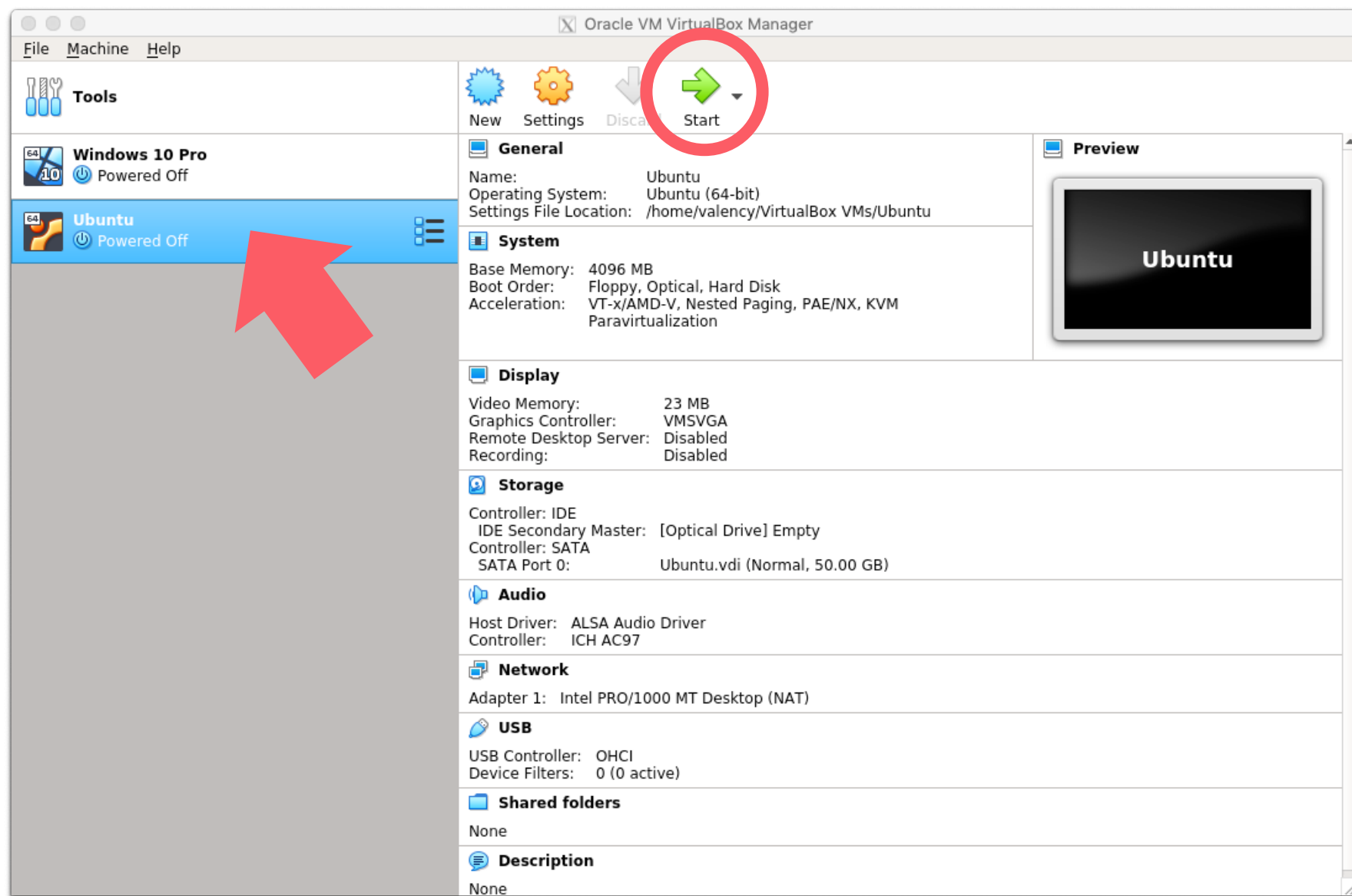


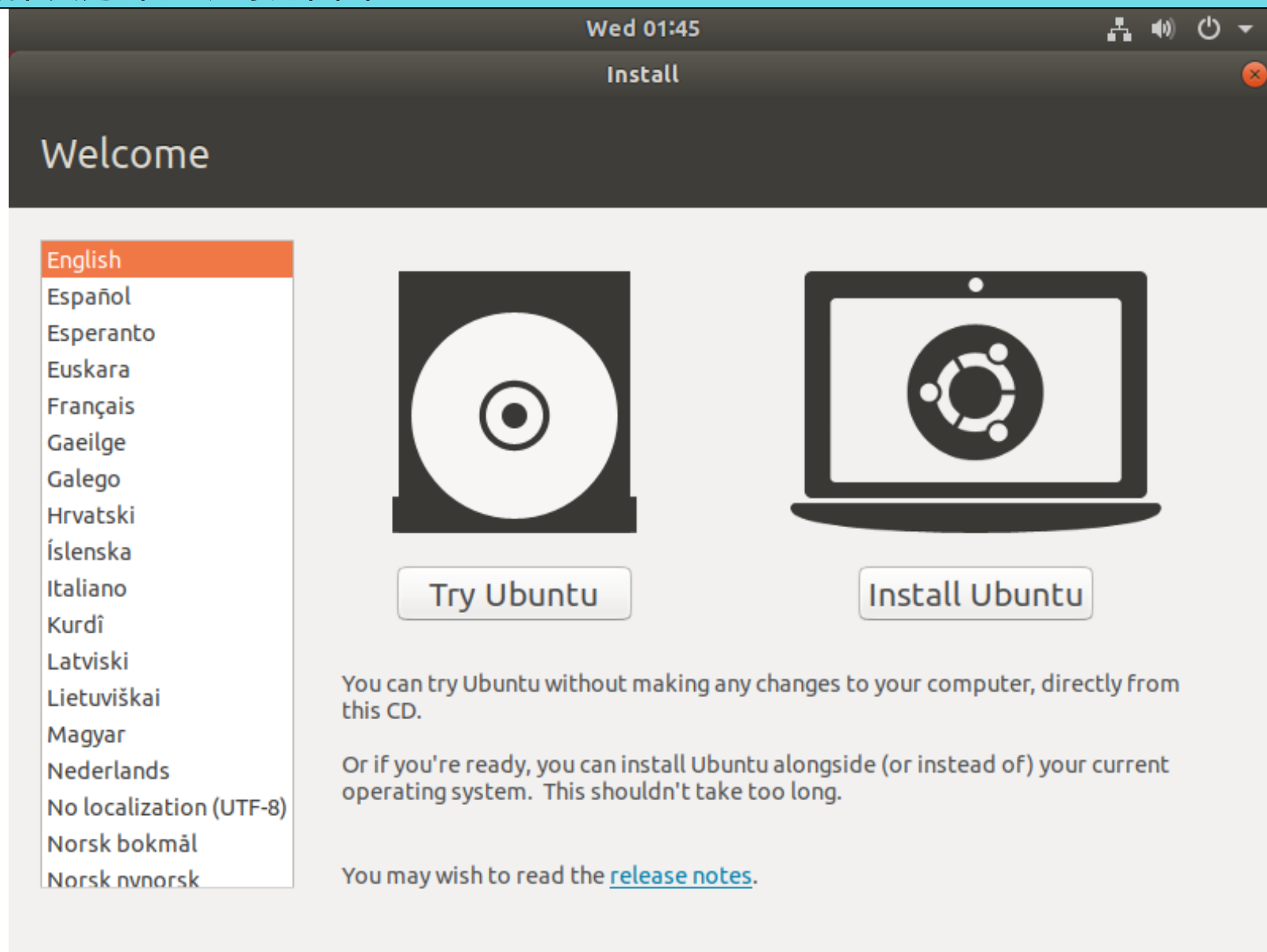












- ❖ Type 2 虚拟机的一般概念：
- ❖ 虚拟的操作系统被称为**客户机**（Guest Machine）
- ❖ 承载虚拟机的机器被称为**宿主机**（Host Machine）
- ❖ 在上面的测试中，我们：
- ❖ 在宿主机上安装了虚拟机软件：Oracle VirtualBox
- ❖ 使用虚拟机软件创建了客户机
- ❖ 在客户机上安装了操作系统：Ubuntu

- ❖ Oracle VirtualBox 宿主机支持的操作系统：Windows、macOS、Linux
- ❖ Oracle VirtualBox 客户机支持的操作系统：Windows、macOS、Linux、Solaris、FreeBSD、DOS、OS/2 等

❖ BlueStacks

❖ <https://www.bluestacks.com/>

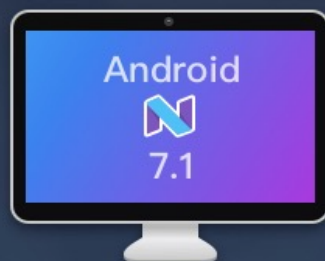
❖ BlueStacks 是一个 Android 虚拟机，支持 Windows 和 macOS

❖ BlueStacks 虚拟的 Android 是 x86 架构的，并非 ARM 架构



满帧性能卓越

电影级画质，轻松锁定60帧
新增AGA模式，画面更清晰



安卓内核重大突破

强大的安卓7.1引擎
全面支持微信、抖音以及上万款热门游戏应用



BlueStacks多开引擎

高配机型，无限多开
低配机型，轻松多开



前所未有的快速性能

降低资源使用率大幅提高内存读写速度
性能比旧版BlueStacks快8倍



- ❖ Windows Subsystem for Android
- ❖ <https://docs.microsoft.com/en-us/windows/android/wsa/>
- ❖ 允许用户在 Windows 11 上直接运行 Android App
- ❖ 相当于在 Mac (M1 Chip) 上运行 iOS App

- ❖ 常见的虚拟机解决方案：高性能虚拟机
- ❖ 企业级虚拟机，通常用于大规模部署虚拟环境
- ❖ Xen：Type 1 虚拟机，性能卓越
- ❖ QEMU：支持 KVM 的 Type 1 虚拟机，性能卓越
- ❖ Hyper-V：基于 Windows 内核的 Type 1 虚拟机，在 Windows 上性能卓越

- ❖ Xen
 - ❖ <https://xenproject.org/>
 - ❖ 开源免费，源代码：<http://xenbits.xen.org/>
- 
- ❖ 开源 Hypervisor，由 Xen Project 开发
 - ❖ 能够在单一服务器上运行大量 Type 1 级别虚拟机
 - ❖ 2013 年 4 月，Linux 基金会宣布 Xen 成为 Linux 基金会合作项目
 - ❖ Xen 通过一种叫做**半虚拟化**的技术获得高效能的表现
 - ❖ 半虚拟化有着较少的效能损失，典型的情况下大约损失 2%，在最糟的情况下会有 8% 的效能耗损；与其它使用完全虚拟化却造成最高到 20% 损耗的其他解决方案有着明显的优势



❖ QEMU

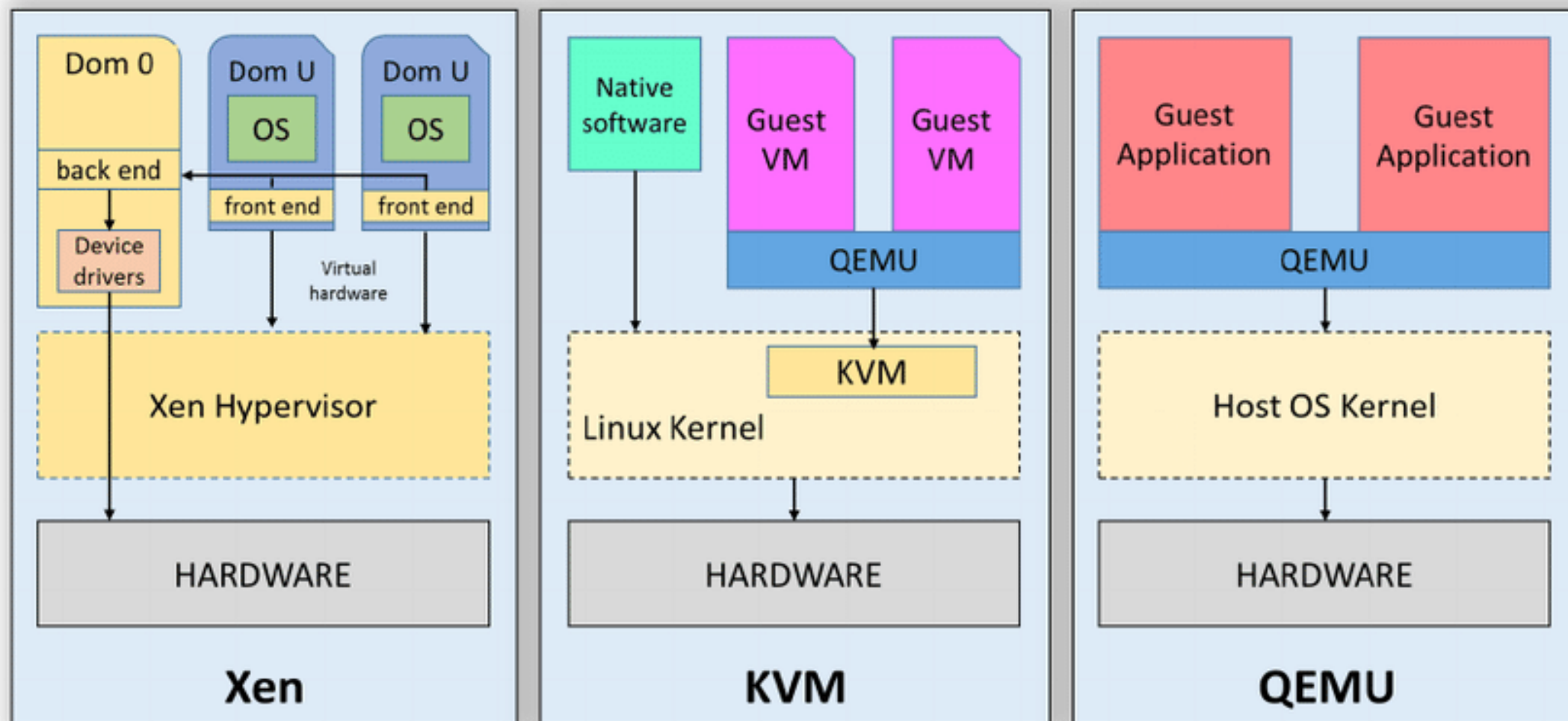
❖ <https://www.qemu.org/>

❖ 开源免费，源代码：<https://git.qemu.org/git/qemu.git>

- ❖ QEMU (Quick Emulator) 是一款由 Fabrice Bellard 等人编写的免费 Hypervisor
- ❖ 与早期的 Bochs, PearPC 类似，但拥有高速、跨平台的特性
- ❖ QEMU 可以通过与 KVM (Kernel-based Virtual Machine) 一起使用
- ❖ 进而以接近本地速度运行虚拟机 (Type 1)

虚拟化平台概览

常见的虚拟机解决方案：高性能虚拟机



- ❖ Hyper-V
- ❖ <https://docs.microsoft.com/en-us/virtualization/hyper-v-on-windows/>
- ❖ Hyper-V 是微软的一款虚拟化产品
- ❖ 是微软第一个采用类似 VMware 和 Xen 一样架构的虚拟化产品
- ❖ 由于已经内部集成于 Windows 中
- ❖ 很多 Windows 下的 Hypervisor 都是基于 Hyper-V 开发的（例如 Docker）
- ❖ 对于 Windows 用户来说，Hyper-V 是免费的



1 虚拟化与云计算

2 虚拟化平台概览

3 Docker 与 Kubernetes

4 适用于 Linux 的 Windows 子系统



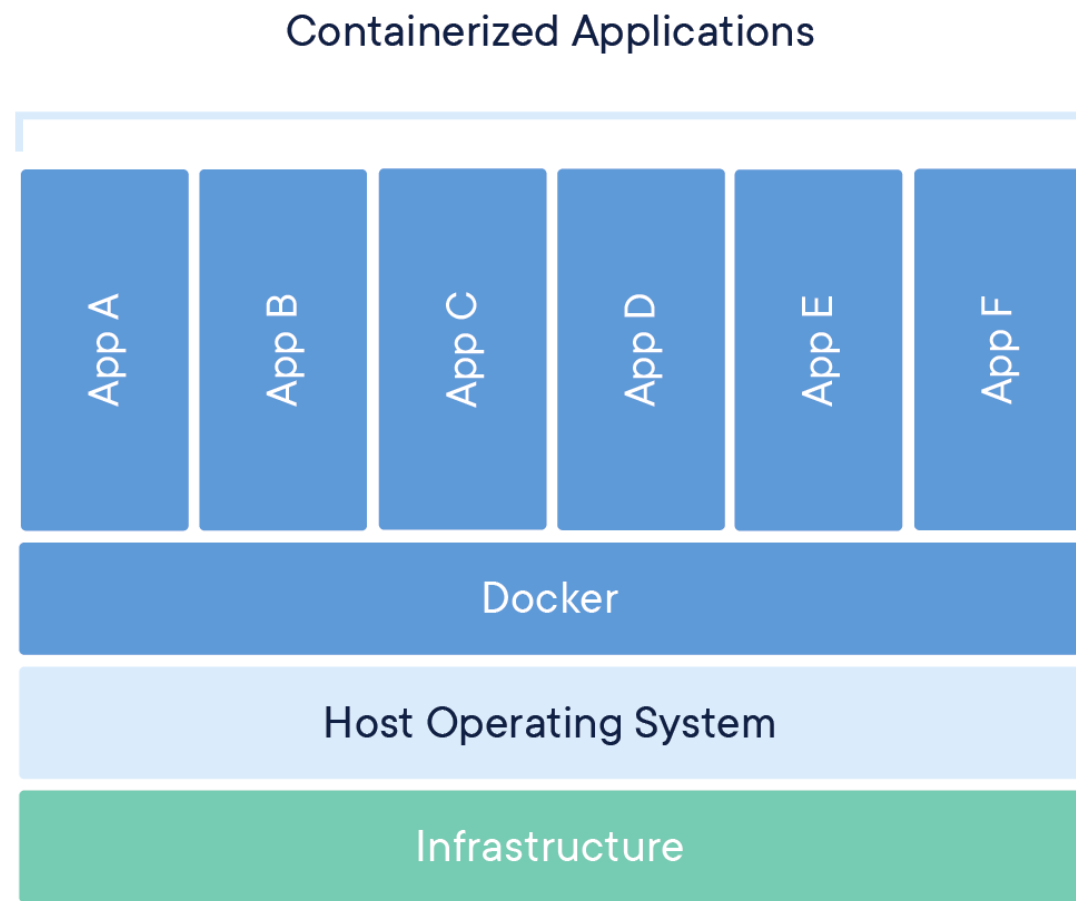
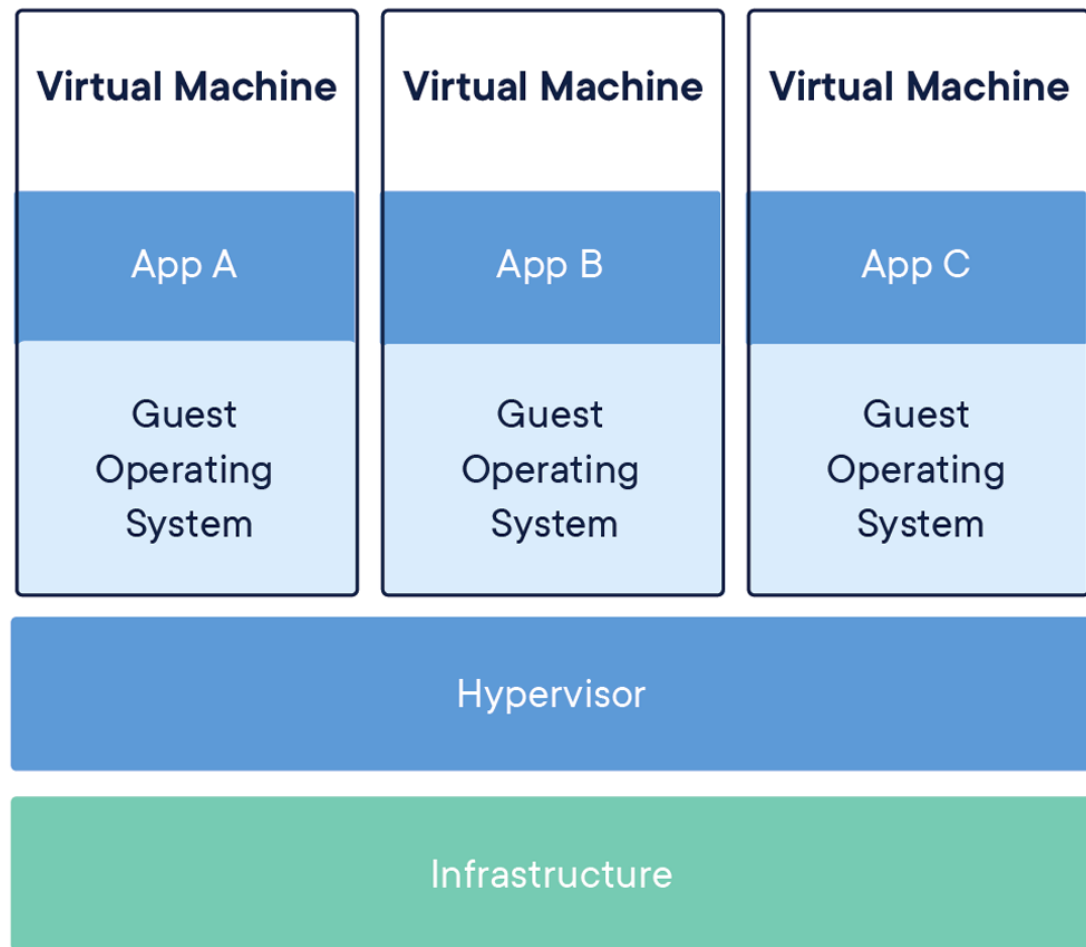
- ❖ Docker
- ❖ <https://www.docker.com/>
- ❖ 开源免费，源代码：<https://github.com/docker/docker-ce/>
- ❖ Docker 是一个开源软件项目，提供基于容器（Container）的虚拟化技术
- ❖ Docker 利用 Linux 核心中的资源分离机制来创建独立的容器
- ❖ 容器使得 Docker 可以在单一 Linux 实体下运作
- ❖ 避免创建多个虚拟机造成的额外系统负担
- ❖ Docker 提倡的容器化技术是目前最主流的虚拟机解决方案

- ❖ Docker 最初是 dotCloud 创始人 Solomon Hykes 发起的一个内部项目
- ❖ 它是基于 dotCloud 公司多年云服务技术的一次革新
- ❖ Docker 于 2013 年 3 月以 Apache 2.0 授权协议开源
- ❖ 主要项目代码在 GitHub 上进行维护
- ❖ Docker 项目后来加入了 Linux 基金会，并成立开放容器联盟（OCI）
- ❖ Docker 自开源后受到广泛的关注和讨论
- ❖ 其 GitHub 项目（已下线）超过 5 万 2 千个星标和一万多个 Fork
- ❖ 甚至由于 Docker 项目的火爆，在 2013 年底，dotCloud 决定改名为 Docker

- ❖ Docker 最初是在 Ubuntu 12.04 上开发实现的
- ❖ Red Hat 则从 RHEL 6.5 开始对 Docker 进行支持
- ❖ Docker 使用 Go 语言进行开发实现
- ❖ Docker 基于 Linux 内核的 cgroup 和 namespace 对进程进行封装隔离
- ❖ 属于操作系统层面的虚拟化技术
- ❖ 由于隔离的进程独立于宿主和其它的隔离的进程
- ❖ 因此也称其为容器 (Container)

- ❖ 一般虚拟机的概念里：
- ❖ 一个操作系统镜像（Image）可以用于创建多个虚拟机（VM）
- ❖ 每个虚拟机拥有独立的虚拟内存、虚拟 CPU、虚拟硬盘
- ❖ 操作系统完全隔离
- ❖ 虚拟机（虚拟硬盘）可以被复制并重启，从而产生分支

- ❖ Docker 的概念里：
- ❖ 一个硬盘镜像（Image）可以用于创建多个容器（Container）
- ❖ Docker 一般不会直接使用操作系统镜像，而是包含需要使用的应用软件
- ❖ 容器共享宿主机的内存、CPU，但硬盘相对独立（放在不同的目录下）
- ❖ 容器共享宿主机的部分操作系统指令
- ❖ 容器可以重新打包成为新的硬盘镜像
- ❖ 镜像可以被用于创建新的容器，从而产生分支
- ❖ 容器内没有自己的内核，而且也没有进行硬件虚拟
- ❖ 因此容器要比传统虚拟机更为轻便



❖ Docker 的优点

- ❖ 不严格符合虚拟机标准，而是采用 Linux 核心资源分离技术实现虚拟化
- ❖ 性能卓越，接近物理机性能
- ❖ 部署虚拟机（容器）不需要部署整个操作系统，操作快速便捷
- ❖ 拥有庞大的社区，提供了大量开源免费（以及收费）的操作系统镜像

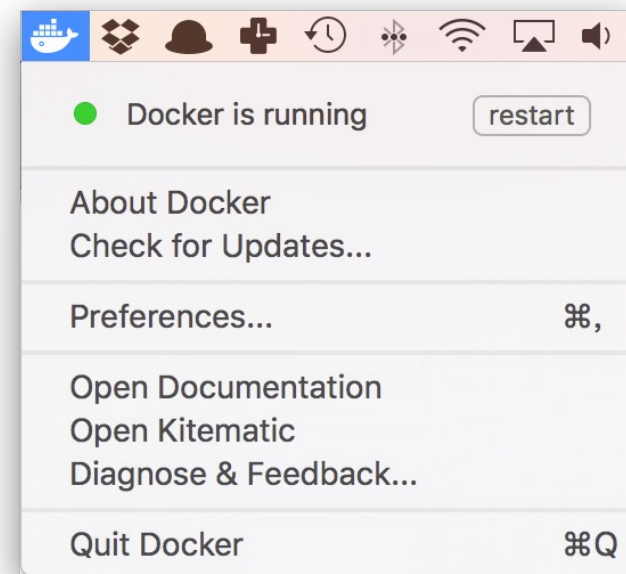
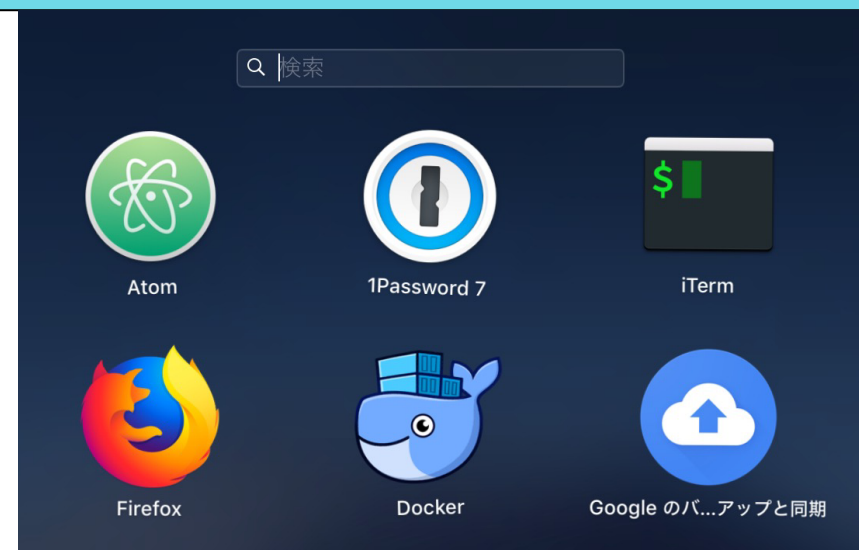
❖ Docker 的缺点

- ❖ 仅支持 Linux，其他操作系统需要借助其他虚拟化技术虚拟 Linux 环境
- ❖ MacOS：借助 HyperKit（一般不用手动安装）
- ❖ Windows：借助 Hyper-V

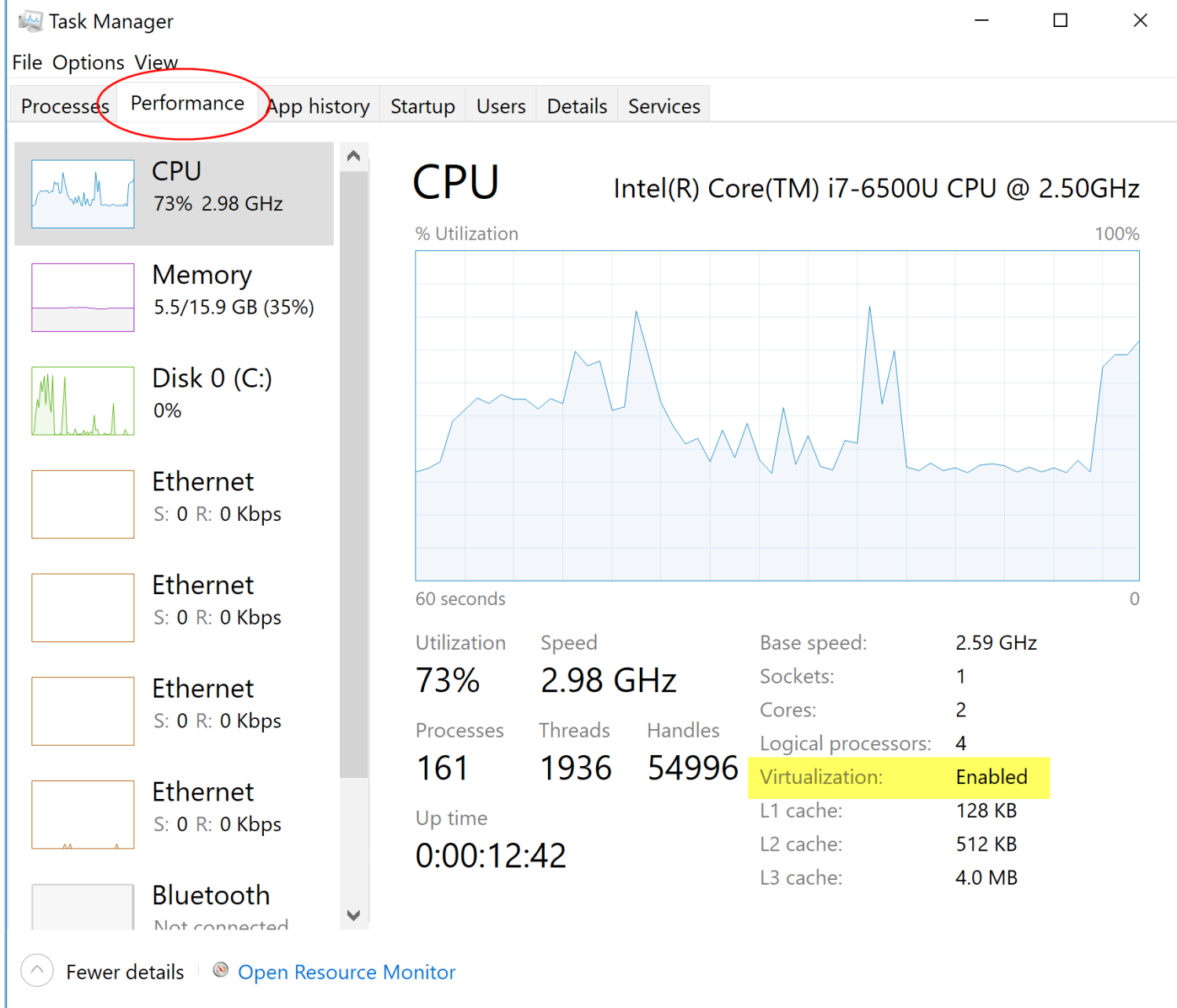
- ❖ Docker 安装包
- ❖ 官方网站: <https://www.docker.com/>
- ❖ 下载: <https://hub.docker.com/search/?type=edition&offering=community>
- ❖ 安装向导: <https://hub.docker.com/?overlay=onboarding>
- ❖ Docker 有 CE 和 EE 两个版本, CE 是免费的

- ❖ 在 Ubuntu 24.04 下安装 Docker
- ❖ <https://docs.docker.com/engine/install/ubuntu/>
- ❖ `curl -fsSL get.docker.com -o get-docker.sh`
- ❖ `sudo sh get-docker.sh --mirror Aliyun`
- ❖ 安装完毕后，如果希望以非管理员身份访问 Docker：
- ❖ `sudo usermod -aG docker <username>`

- ❖ 在 macOS 15 下安装 Docker
- ❖ <https://docs.docker.com/desktop/mac/install/>
- ❖ `brew cask install docker`
- ❖ 安装完毕后，从应用中找到 Docker 图标并点击运行
- ❖ 运行之后，会在右上角菜单栏看到多了一个鲸鱼图标，这个图标表明了 Docker 的运行状态
- ❖ 每次点击鲸鱼图标会弹出操作菜单



- ❖ 在 Windows 11 下安装 Docker
- ❖ 在 Windows 上安装 Docker 之前，需要确认 BIOS 的虚拟化功能已经成功开启
- ❖ 可以使用 Windows 任务管理器的性能标签查看虚拟化是否已开启



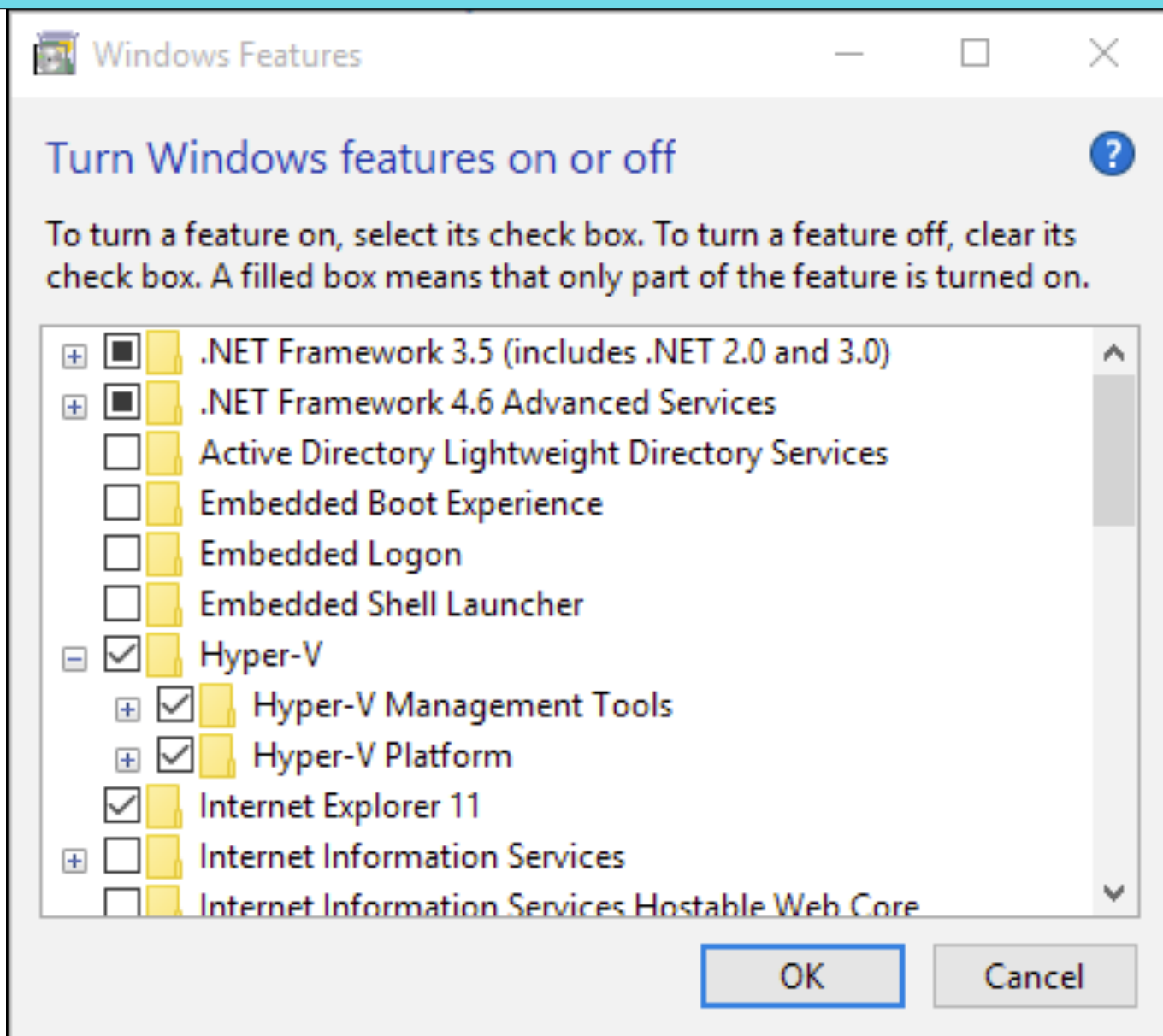
Docker

安装 Docker

- ❖ 如未开启，则需要进入 BIOS 开启
- ❖ 开机时按下 DEL 键进入 BIOS
- ❖ 进入 CPU 设置或安全设置
- ❖ 开启虚拟化功能



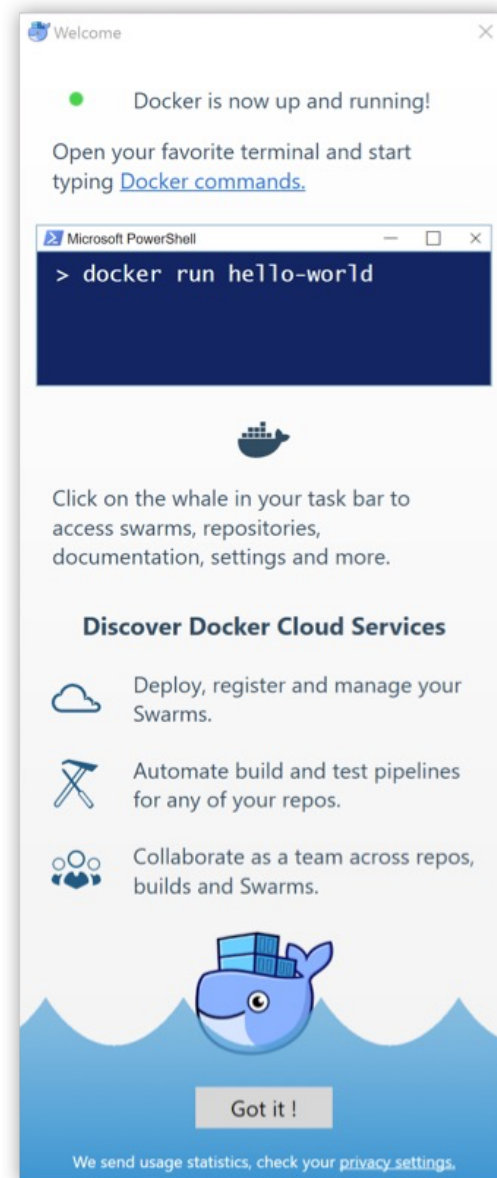
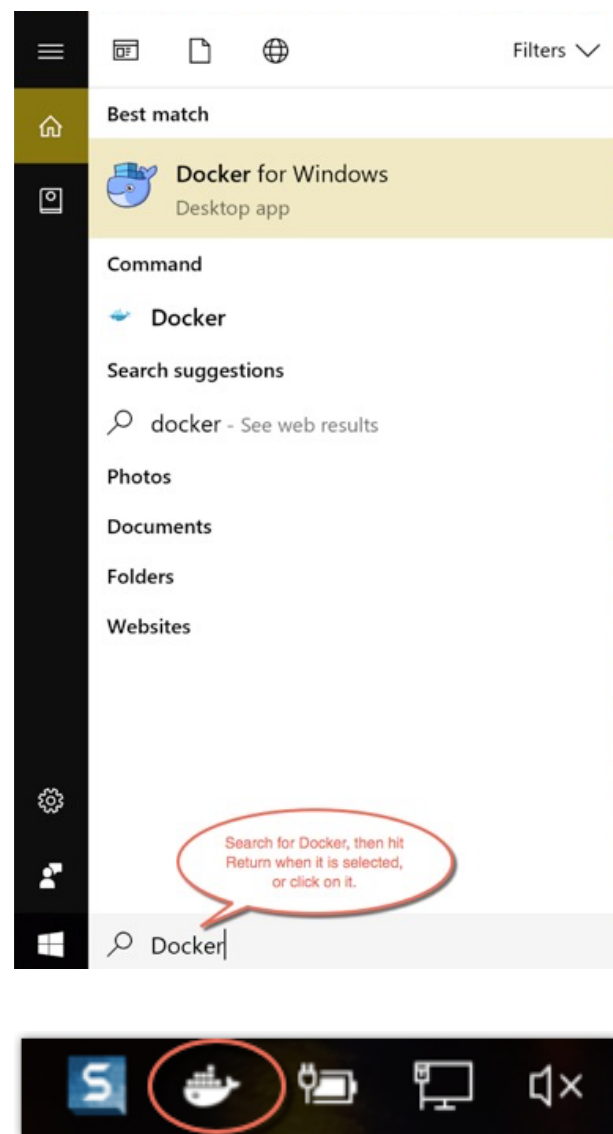
- ❖ 在 Windows 11 下安装 Docker
- ❖ 开启 Hyper-V:
- ❖ 在控制面板“添加 / 删除程序”中“开启 / 关闭 Windows 功能”选项里, 开启 Hyper-V 相关功能



Docker

安装 Docker

- ❖ Hyper-V 配置成功后，下载 Docker 安装包安装即可：
- ❖ <https://docs.docker.com/desktop/windows/install/>
- ❖ 安装完毕后，从开始菜单中找到 Docker 图标并点击运行
- ❖ 运行之后，会在任务栏看到多了一个鲸鱼图标
- ❖ 每次点击鲸鱼图标会弹出操作菜单



❖ 测试 Docker 是否安装正确

❖ docker run hello-world

```
Unable to find image 'hello-world:latest' locally
latest: Pulling from library/hello-world
d1725b59e92d: Pull complete
Digest: sha256:0add3ace90ecb4adbf7777e9aacf18357296e799f81cabc9fde470971e499788
Status: Downloaded newer image for hello-world:latest
```

```
Hello from Docker!
This message shows that your installation appears to be working correctly.
```

```
...
```

```
For more examples and ideas, visit:
https://docs.docker.com/get-started/
```

❖ Docker 的使用步骤

1. 获取虚拟机镜像 (Image)
2. 启动容器 (Container)

❖ 获取镜像 (Image)

❖ 从 Docker 镜像仓库获取镜像的命令格式为：

❖ `docker pull [OPTIONS] NAME[:TAG|@DIGEST]`

❖ 参考文档：<https://docs.docker.com/engine/reference/commandline/pull/>

❖ 如果获取镜像成功，会显示类似下面的结果：

```
$ docker pull ubuntu:18.04
18.04: Pulling from library/ubuntu
bf5d46315322: Pull complete
9f13e0ac480c: Pull complete
e8988b5b3097: Pull complete
40af181810e7: Pull complete
e6f7c7e5c03e: Pull complete
Digest: sha256:147913621d9cdea08853f6ba9116c2e27a3ceffecf3b492983ae97c3d643fbbe
Status: Downloaded newer image for ubuntu:18.04
```

❖ 查看镜像 (Image)

❖ 要想列出已经下载下来的镜像，可以使用：

❖ `docker image ls`

```
$ docker image ls
```

REPOSITORY	TAG	IMAGE ID	CREATED	SIZE
redis	latest	5f515359c7f8	5 days ago	183 MB
nginx	latest	05a60462f8ba	5 days ago	181 MB
mongo	3.2	fe9198c04d62	5 days ago	342 MB
<none>	<none>	00285df0df87	5 days ago	342 MB
ubuntu	18.04	f753707788c5	4 weeks ago	127 MB
ubuntu	latest	f753707788c5	4 weeks ago	127 MB

- ❖ 启动容器 (Container)
- ❖ 有了镜像后，我们就能够以这个镜像为基础启动并运行一个容器
- ❖ 例如，如果希望启动一个 Bash 并且进行交互的话，可以执行下面的命令：

```
$ docker run -it --rm ubuntu:18.04 bash

root@e7009c6ce357:/# cat /etc/os-release
NAME="Ubuntu"
VERSION="18.04.1 LTS (Bionic Beaver)"
ID=ubuntu
ID_LIKE=debian
PRETTY_NAME="Ubuntu 18.04.1 LTS"
VERSION_ID="18.04"
...
```

❖ 容器的销毁

- ❖ 不同于一般的虚拟机，Docker 的容器使用一次就会立刻销毁，且不会保留数据
- ❖ 这样设计的原因是因为容器相当于一个应用，应用使用完毕后就不需要存在
- ❖ 如果需要保持容器持续运行，需要使用 Daemon 保持后台运行
- ❖ 如果需要保留数据，需要将容器的部分文件映射到宿主机

❖ 使用 Dockerfile 定制镜像

- ❖ Docker 允许用户使用 Dockerfile 来定制镜像，从而不用保存大体积的磁盘镜像
- ❖ 过程类似于 MIDI 和 MP3 的区别
- ❖ 有关 Dockerfile 可以参考：<https://docs.docker.com/engine/reference/builder/>

- ❖ 管理 Docker 和自动化部署的相关工具
- ❖ 由于 Docker 的轻量化特点，Docker 常被用于自动化部署
- ❖ 因此也诞生了很多自动化部署工具

- ❖ Docker Compose

- ❖ <https://docs.docker.com/compose/>

- ❖ Docker 官方的自动化部署工具

- ❖ Kubernetes (k8s)

- ❖ <https://kubernetes.io/>

- ❖ Google 出品的容器管理和自动化部署工具



1 虚拟化与云计算

2 虚拟化平台概览

3 Docker

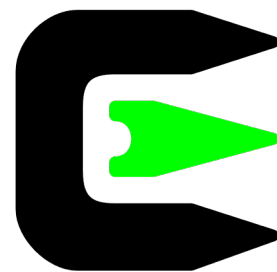
4 适用于 Linux 的 Windows 子系统

- ❖ 适用于 Linux 的 Windows 子系统（Windows Subsystem for Linux, WSL）
- ❖ <https://docs.microsoft.com/en-us/windows/wsl/about>
- ❖ 在 Windows 上能够原生运行 Linux 二进制可执行文件（ELF 格式）的兼容层
- ❖ 提供了一个由微软开发的 Linux 兼容的内核接口
- ❖ 从而支持在 Windows 中使用 Linux 操作系统，例如 Debian、Ubuntu、SUSE 等
- ❖ 除了支持命令行介面，WSL 也支持图形化介面（X 窗口系统）
- ❖ WSL 需要基于 Hyper-V 才能使用

WSL 打通了 Windows 和 UNIX 的隔阂

❖ Cygwin

❖ <http://www.cygwin.com/>



- ❖ Cygwin 是许多自由软件的集合，最初由 Cygnus Solutions 开发
- ❖ Cygwin 用于在各种版本的 Microsoft Windows 上，运行类 UNIX 系统
- ❖ Cygwin 的主要目的是通过重新编译，将 POSIX 系统（例如 Linux、BSD，以及其他 UNIX 系统）上的软件移植到 Windows 上
- ❖ 当前 Cygwin 由 Red Hat 负责维护

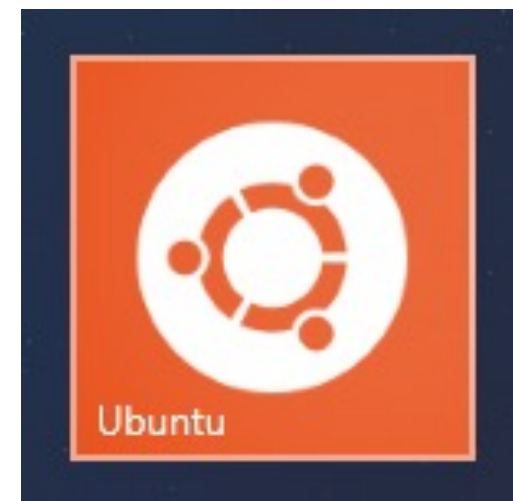
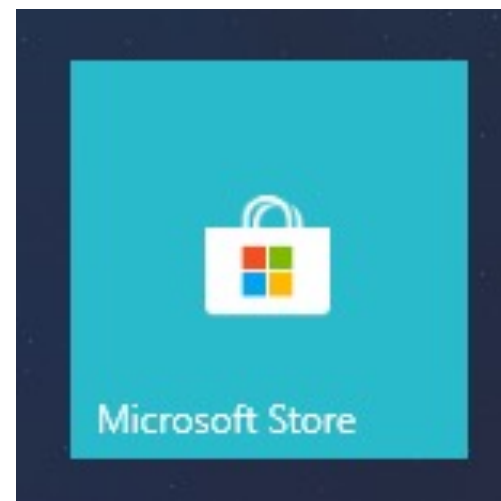
❖ Windows 下的 Git 集成了 Cygwin

❖ <https://git-scm.com/>



git

- ❖ 安装和使用 WSL Ubuntu
- ❖ 使用 WSL 之前需要先开启 Hyper-V
- ❖ 在微软商店中安装任意一个 Linux 操作系统后，Windows 会自动帮你开启 WSL
- ❖ 微软商店中有免费的 Ubuntu 下载



Ubuntu

Canonical Group Limited • [Developer tools > Utilities](#)

♥ Wish list

★★★★★ 262

Ubuntu on Windows allows one to use Ubuntu Terminal and run Ubuntu command line utilities including bash, ssh, git, apt and many more.

Note that Windows 10 S does not support running this app.

[More](#)



EVERYONE

Free

Get

...

[△ See System Requirements](#)

- ❖ 本课程的实验和大作业均需要基于类 UNIX 开发和部署
- ❖ 实验课以 Ubuntu 24.04 操作系统为准
- ❖ 如何准备本地类 UNIX 开发环境：
 - ❖ 使用 Linux 操作系统，建议：Ubuntu 24.04
 - ❖ 使用 macOS 15 操作系统
 - ❖ 在 Windows 11 中使用 WSL，建议：Ubuntu 24.04
- ❖ 如何准备类 UNIX 部署环境：
 - ❖ 本课程大作业必须部署在类 UNIX 环境的云计算服务中
 - ❖ 操作系统建议：Ubuntu 24.04

- ❖ 首次实验课：
- ❖ 内容：虚拟化技术
- ❖ 日期：2024-03-12 19:30 - 22:00
- ❖ 地点：9A-206-1

- ❖ 实验室的实验环境比较差，请尽量自带电脑
- ❖ 并按照规定配置好本地类 UNIX 开发环境



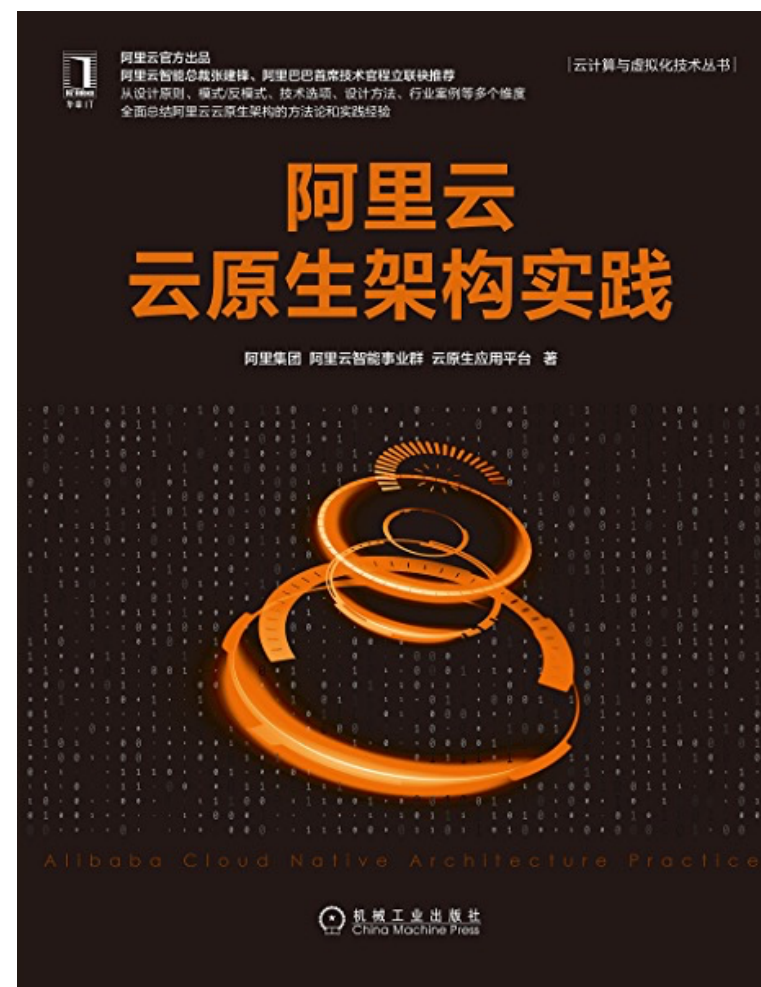
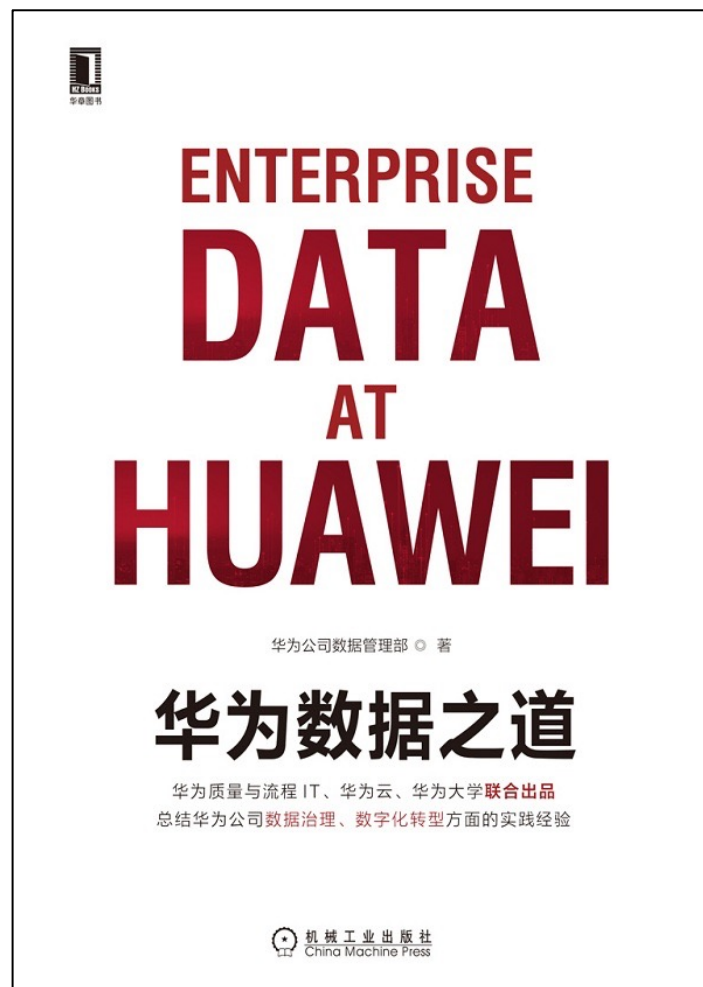
Google Cloud
cloud.google.com



Amazon Web Services
aws.amazon.com



阿里云
aliyun.com





THANK YOU