DevOps, 1. časť: Mikroslužby, HW architektúry, virtualizácia, kontajnerizácia aplikácií

adam.puskas@uxtweak.com

Vývoj progresívnych webových aplikácií

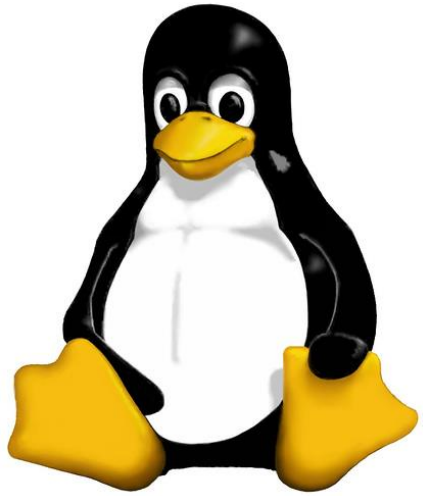
Lektor: Ing. Adam Puškáš

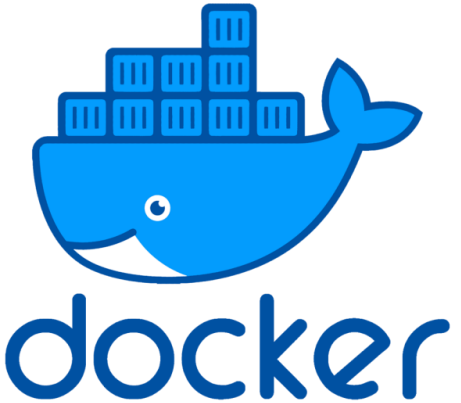
Vedúci kurzu: Ing. Eduard Kuric, PhD.

13.4.2022

Predstavenie sa

- Ing. @ FIIT – leto 2021
- Projektový manažment, DevOps, výskum v UXtweak-u
- Technológie v praxi:
  - Linux (UNIX)
  - Docker
  - Nasadenie a prevádzka webových služieb
  - Amazon Web Services (AWS)
  - Machine Learning a Deep Learning





Agenda prednášky

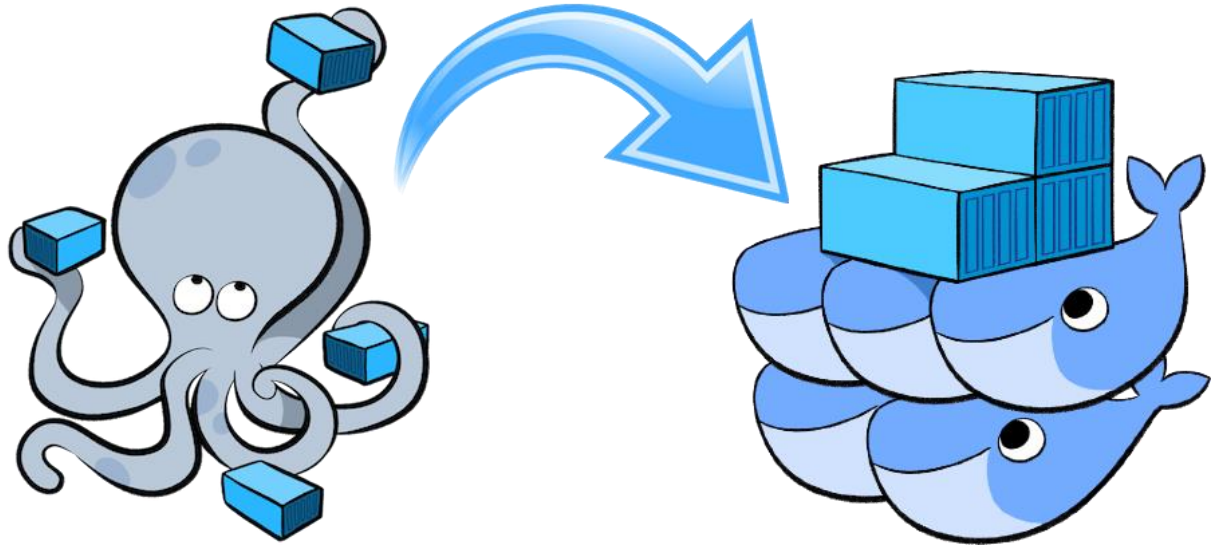
- Služby a mikroslužby
- Hardvérové architektúry
- Spôsoby nasadenia aplikácie (web)
  - “Bare-metal”
  - Virtuálny stroj (VMWare, VirtualBox)
  - **Kontajnerizovaná aplikácia (Docker)**

vmware®

docker

Agenda prednášky /2

- Kontajnerizovaná aplikácia (Docker)
  - Architektonický úvod
  - Docker image
  - Docker container
  - Dockerfile
  - Docker volumes
  - Docker compose

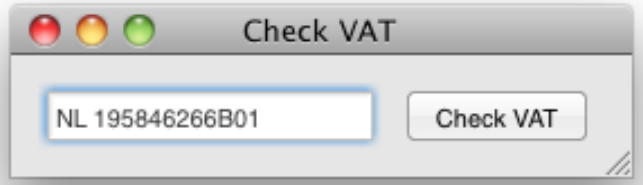


Webové služby (web services)

- Softvérové služby v distribuovanom prostredí
- Prostriedok pre integráciu aplikácií (dáta, funkcionalita)
- Interoperabilita aplikácií na rôznych platformách, OS, HW architektúrach
- Súbor webových služieb = webová aplikácia

Architektúry postavené na webových službách

- Servisne-orientovaná architektúra (SOA)
  - Simple Object Access Protocol (SOAP)
  - Web Service Description Language (WSDL)
  - Universal Description, Discovery and Integration (UDDI)
  - XML ako štandard pre výmenu správ



\+ Využitie v odvetviach, kde je kľúčová **adherencia k štandardom**, bezpečnosť (vládne inštitúcie - napr. služba pre kontrolu VAT čísla)

\- Komplexnosť, ťažkopádnosť, pomalosť (nevhodné pre moderný web)

Architektúry postavené na webových službách /2

- Representational State Transfer (REST)
  - Metódy HTTP protokolu: GET, POST, PUT, DELETE, PATCH
  - Zdroje (resources) dostupné na URI (Uniform Resource Identifier)
  - Menšia previazanosť služieb (loosely-coupled)
  - Požiadavky sú bezstavové (half-duplex)

+ Jednoduchá a **všestranná využiteľnosť** v kontexte moderných (aj progresívnych) webových aplikácií
- Podoba implementácie REST API závisí od use-case (nutné definovať formát výmeny dát, napr. JSON)

Mikroslužby (microservices)

- Dekompozícia softvéru na služby na jemnejšej úrovni granularity
- Mikroslužba:
  - Poskytuje elementárnu, **kohéznu funkcionalitu**
  - Je **nasaditeľná**, **škálovateľná** a funkčná **nezávisle** od iných služieb
  - Má jednoduché a dobre definované **rozhranie** (obvykle REST API)
  - Je ľahko **udržiavateľná** a samostatne **testovateľná**
  - Je **zapúzdrená** a **vystavená** na konfigurovateľnom endpointe (porte - premenné prostredia)

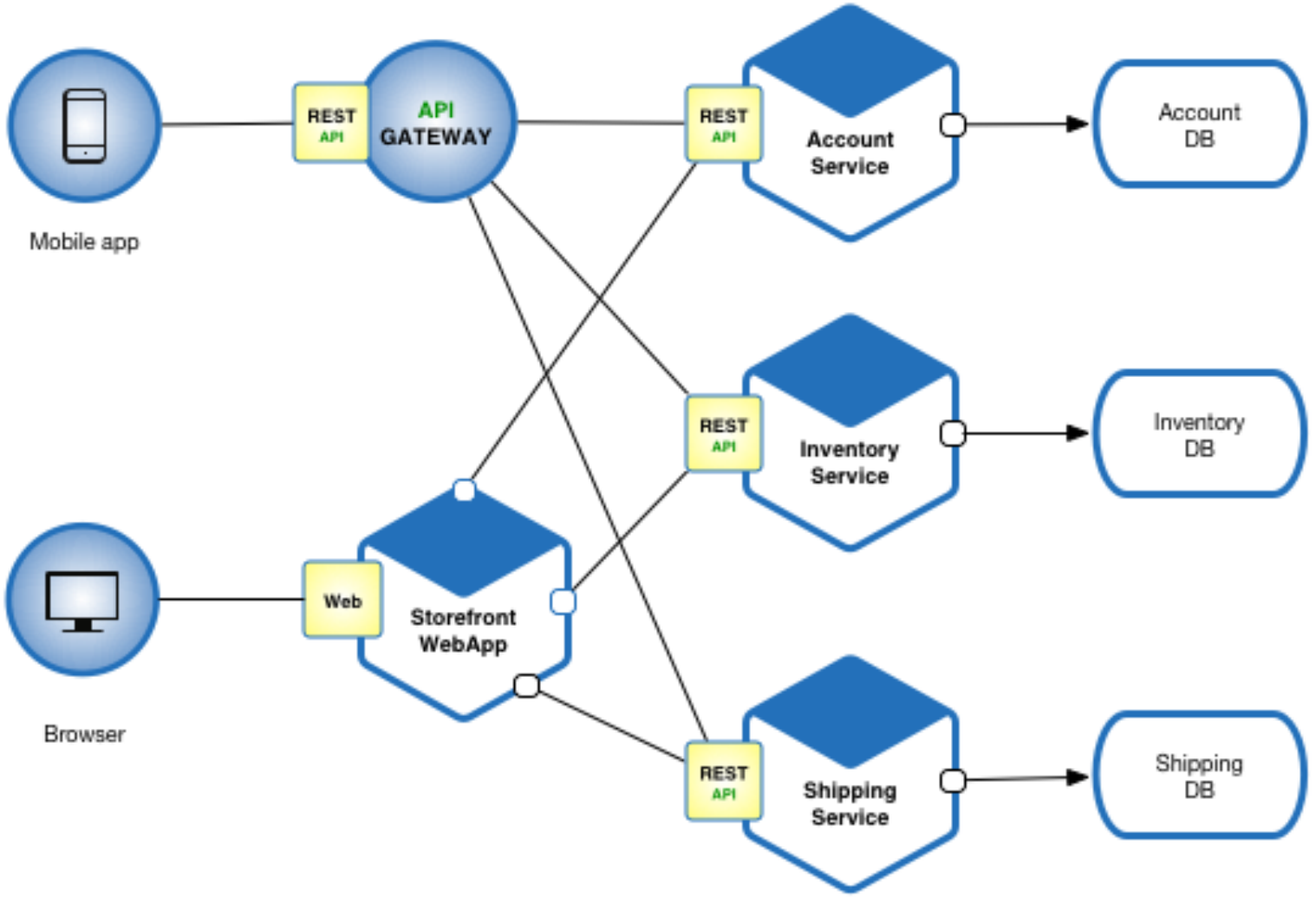
Mikroslužby (microservices) /2

- Mikroslužba (pokrač.):
  - Je **ľahko previazaná** s ostatnými (mikro)službami (loosely-coupled)*
  - Dáta ukladá do **pripojeného zdroja** (attached resource - napr. databáza v RDBMS)
  - Konfiguráciu pre rôzne prostredia nasadenia (napr. produkčné, testovacie) determinujú **premenné prostredia** (environment variables)
  - Je **robustná** voči neočakávaným reštartom (nehrozí strata dát)

* Niekedy sa o architektúre na báze mikroslužieb hovorí aj ako o nepreviazanej (decoupled)

Čítajte viac: [The Twelve-Factor App (12factor.net)]

Mikroslužby (microservices) /3



Viac o mikroslužbách, vrátane tohto obrázka nájdete na: https://microservices.io/

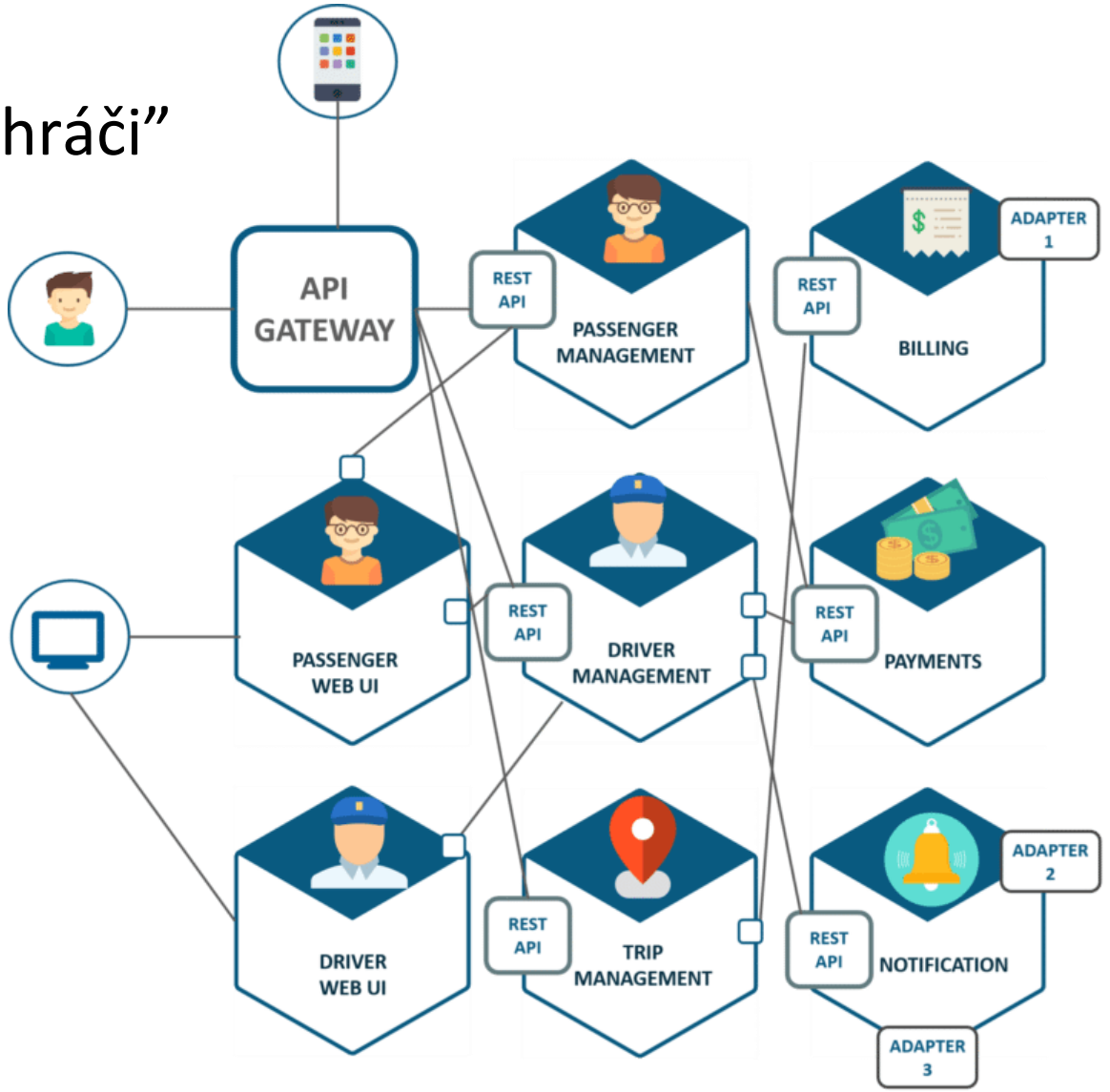
Mikroslužby (microservices) - výhody a nevýhody

- Podobne ako v prípade iných architektúr, aj použitie mikroslužieb treba zvážiť v **kontexte** realizovaného projektu

+ Mikroslužba ako elementárny celok poskytuje určitú **zapuzdrenú funkcionalitu** (napr. sledovanie stavu objednávky, evidenciu podnetov)
+ Je ľahko a **samostatne** nasaditeľná, škálovateľná, testovateľná…
+ Umožňuje efektívnu **deľbu práce** pri vývoji (podpora manažmentu)
- Systém na báze mikroslužieb je inherentne **náročnejší na správu** ako celok - monitoring, údržba, bezpečnosť, komunikácia medzi tímami…

A prečo vlastne riešime mikroslužby?

- Používajú ich takmer všetci “veľkí hráči”
  - Netflix
  - Meta (Facebook)
  - Uber
  - Amazon
  - ….



Čítajte viac o mikroslužbách v praxi a Uber architektúre: https://dzone.com/articles/microservice-architecture-learn-build-and-deploy-a

A prečo vlastne riešime mikroslužby? /2

- Masívna migrácia monolitických architektúr na mikroslužby
- Problém: môže sa jednať o stovky (tisíce) služieb, ktorých inštancie vznikajú, zanikajú… (podľa potreby - záťaže)
- Ako takýto systém riadiť, spravovať, koordinovať?

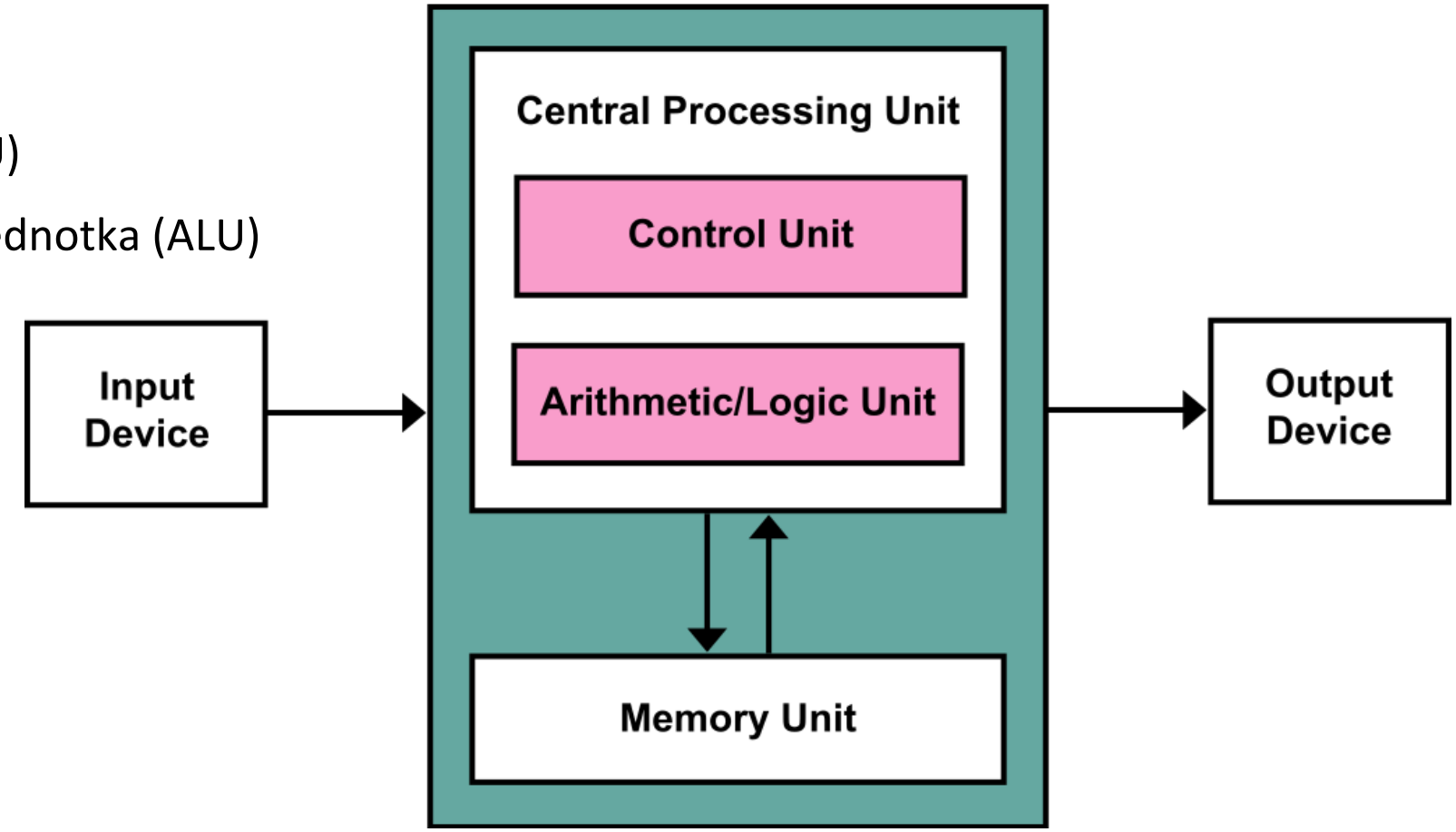
???

A prečo vlastne riešime mikroslužby? /3

- Masívna migrácia monolitických architektúr na mikroslužby
- Problém: môže sa jednať o stovky (tisíce) služieb, ktorých inštancie vznikajú, zanikajú… (podľa potreby - záťaže)
- Ako takýto systém riadiť, spravovať, koordinovať?

Hardvérové architektúry - úvod

- von Neumannova architektúra:
  - Procesor (CPU)
    - Riadiaca jednotka (CU)
    - Aritmeticko-logická jednotka (ALU)
    - (Registre)
    - (L1, L2, L3 cache)
  - Operačná pamäť
  - Vstupné zariadenia
  - Výstupné zariadenia



Zdroj obrázka:
https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/e5/Von_Neumann_Architecture.svg

CPU na základe používanej inštrukčnej sady

- CISC (Complex Instruction Set):
  - Zahŕňa viac-taktové (multi-clock) komplexné inštrukcie
  - Príklad: MULT (násobenie)
  - LOAD a STORE súčasťou komplexných inštrukcií
  - Dedikované tranzistory pre komplexné inštrukcie

```
MULT 2:3, 5:2
```

- RISC (Reduced Instruction Set):
  - 1-taktové (single-clock) inštrukcie
  - Príklad: LOAD, STORE, PROD
  - Viac **generických tranzistorov**, pamäťových registrov

```
LOAD A, 2:3
LOAD B, 5:2
PROD A, B
STORE 2:3, A
```

Čítajte viac: https://cs.stanford.edu/people/eroberts/courses/soco/projects/risc/risccisc/

CPU na základe používanej inštrukčnej sady /2

- CISC (Complex Instruction Set):
  - Procesory architektúr x86 (32-bit), x86_64 / AMD64 (64-bit)
  - Výrobcovia*: Intel, AMD, (Via)
  - Desktopové počítače, laptopy, herné konzoly, servery

- RISC (Reduced Instruction Set):
  - Procesory architektúr ARM (32/64-bit), MIPS, RISC-V…
  - Výrobcovia ARM*: Qualcomm, Apple, Nvidia, Mediatek, Huawei…
  - Mobily, tablety, Wi-Fi smerovače, IoT, **servery**, Apple Mac, superpočítače (Fugaku)...

* Skôr dizajnéri. Množstvo výroby samotnej je outsourcovanej napr. na TSMC.

Výhody ARM / ARM64 (v kontexte cloudu)

+ Výrazne nižšia spotreba el. energie vzhľadom na výkon

  = nižšie prevádzkové náklady, menšia záťaž pre prostredie

+ Vyšší procesorový výkon pre mnohé úlohy (workloads)

  = lepší pomer cena / výkon

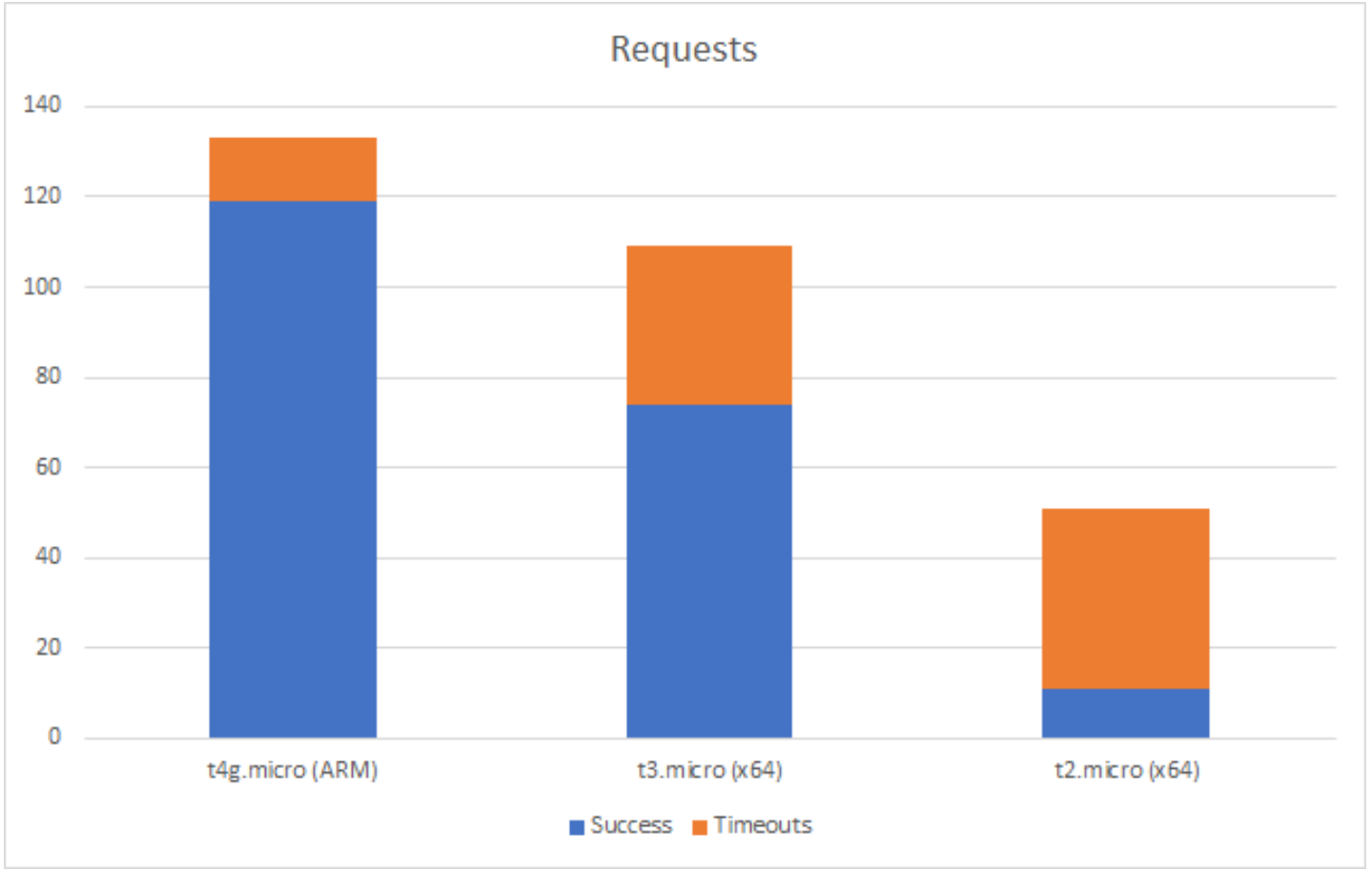
+ Otvorená licenčná politika

  = konkurencieschopnosť výrobcov (pomer cena / výkon)

- Nevýhoda: adaptácia softvéru, procesov, trhu je náročnejšia

Porovnanie výkonu* x86 vs. ARM64 (AWS EC2)

+ AWS Graviton 2 - až o 40% lepší** pomer cena / výkon v porovnaní s x86



* Zdroj: https://www.azurefromthetrenches.com/net-5-arm-vs-x64-in-the-cloud/

** Zdroj: AWS Graviton

Nasadenie aplikácie (služby) - “Bare-metal”

1. Zvolíte vhodný hardvér pre prevádzku 24/7
2. Nainštalujete OS (Debian / RHEL), vykonáte konfiguráciu služieb systému:
   a. Vzdialený prístup: SSH, OpenVPN
   b. Používatelia, skupiny
   c. Logovanie, monitoring
   d. Sieťová bezpečnosť - firewall (ufw / iptables)
   e. Reverzné proxy: Nginx
   f. Automatizácia pipelines: Jenkins
   g. ...

Zdroj obrázka: https://www.hpe.com/us/en/servers/proliant-servers.html

Nasadenie aplikácie (služby) - “Bare-metal” /2

3. Nainštalujete závislosti (prerekvizity) pre beh aplikácie / služby:
   a. Node.JS (framework)
   b. Node modules
   c. CMake / GCC / g++
   d. Python
   e. Program pre koordináciu procesov, napr. PM2 (pre Node.JS)
   f. …

4. Potrápi vás “dependency hell” :-)
5. Dokončíte konfiguráciu siete (smerovača) a máte nasadenú aplikáciu

Nasadenie aplikácie (služby) - “Bare-metal” - problémy

- Ako vyriešite “presadzovanie” nových verzií aplikácie (version control)?
- Ako budete aplikáciu škálovať (vertikálne, horizontálne)?
- Ako zabezpečíte koordináciu uzlov (nodes) pri škálovaní?
- Ako si poradíte s “dependency hell”?
- Ako zvládnete zabezpečenie celého systému?
- Ako budete dynamicky riadiť prideľovanie prostriedkov (napr. CPU)?
- Ako zvládnete monitoring záťaže, logov?
- …

Virtualizácia a virtuálne stroje - motivácia

- Ako pracovať s výpočtovými prostriedkami flexibilnejšie?
- Dynamické prideľovanie (na úrovni **virtuálneho stroja**):
  - času a počtu jadier procesora (CPU)
  - operačnej pamäte (RAM)
  - zdrojov pre ukladanie dát (disk / volumes)
  - šírky sieťového pásma (bandwidth)
  - …

Virtualizácia a virtuálne stroje

- Virtuálny stroj (VM) je abstraktný výpočtový prostriedok

  = stiera špecifiká (rozdiely) medzi fyzickými zariadeniami
- Umožňuje spustiť akýkoľvek softvér (OS) **nezávisle od hardvéru**, na ktorom fyzicky beží (existujú limitácie) - napr. macOS pod Windows
- Dáva značnú mieru kontroly nad výpočtovými prostriedkami
- Viacero inštancií VM môže nezávisle bežať na 1 fyzickom stroji

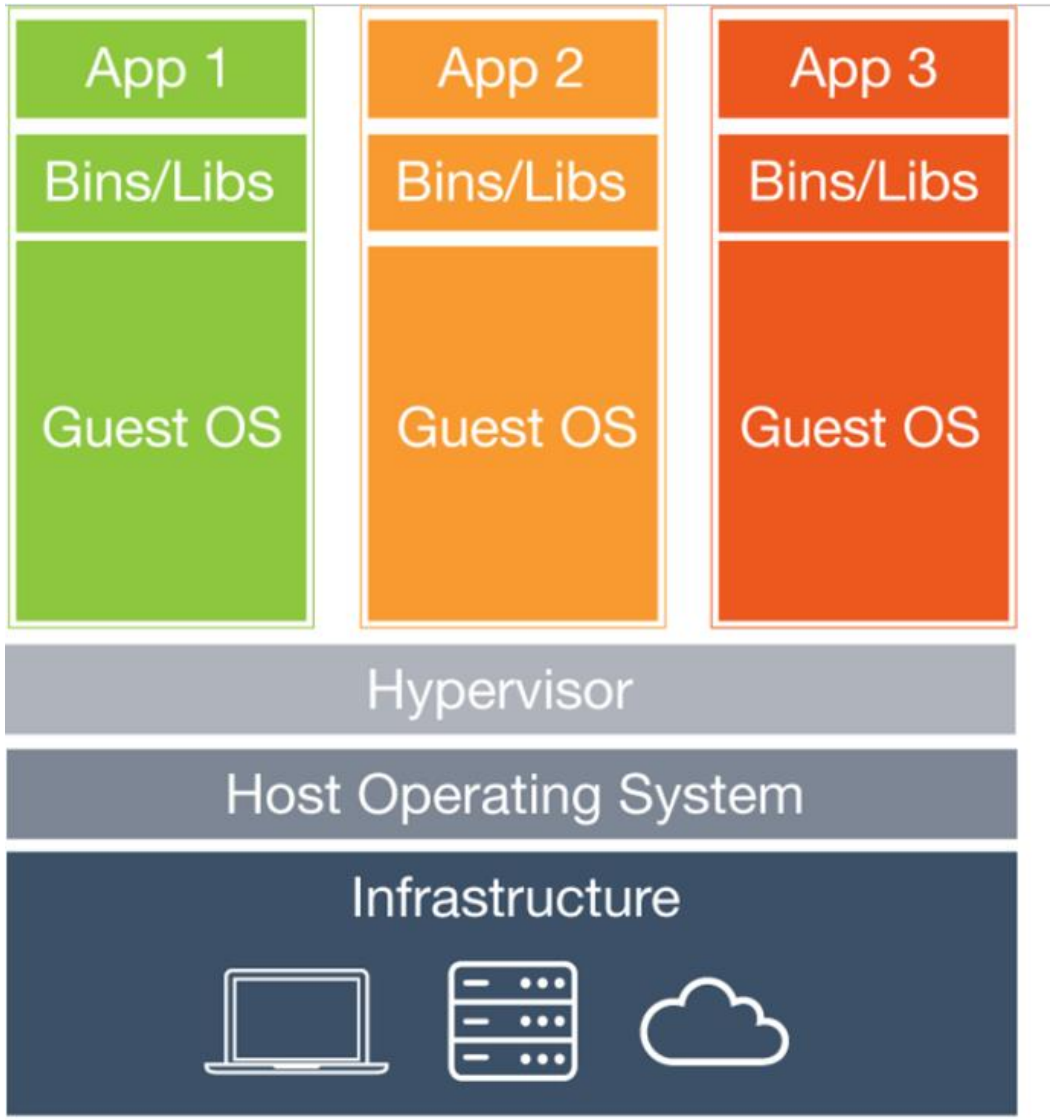
vmware®

Virtualizácia a virtuálne stroje /2

- Virtualizácia môže byť:
  - HARDVÉROVÁ - tzv. hypervízor (**hypervisor**) virtuálneho stroja pracuje priamo **nad fyzickým HW** (server), čo umožňuje efektívne využívať HW na súbežný beh viacerých OS, aplikácií a služieb
  - SOFTVÉROVÁ - hypervízor beží nad **hostiteľským OS** (**host**), nad ktorým vytvára abstrakciu v podobe **virtuálneho hardvéru** (CPU, pamäť, I/O zariadenia). Nad týmto virtuálnym HW beží **virtuálny OS** (**guest**), ktorého využívanie prostriedkov je riadené hypervízorom.
  - Iné delenia: virtualizácia na úrovni procesu, úložiska, siete…

* Čítajte viac o virtualizácii: https://www.vmware.com/topics/glossary/content/virtual-machine.html

Virtualizácia a virtuálne stroje /3



Zdroj obrázka: https://www.oodlestechnologies.com/blogs/the-concept-of-containerization-with-docker/

Virtualizácia a virtuálne stroje /4

- Využitie hardvérovej virtualizácie:
  - Dátové centrá (v kombinácii so softvérovými kontajnermi)
  - Veľké spoločnosti prevádzkujúce on-premise uzavreté systémy (napr. DMS)
  - VMWare ESXi
- Využitie softvérovej virtualizácie:
  - Emulácia “cudzieho” operačného systému (napr. macOS pod MS Windows)
  - Prevádzka “legacy” aplikácií
  - VMWare Workstation (Player), Virtualbox

Virtualizácia a virtuálne stroje - výhody a nevýhody

+ Výrazne lepšia kontrola nad prostriedkami v porovnaní s “bare-metal”
+ Možnosť behu viacerých OS súčasne
+ Jednoduchá prevádzka “legacy” (obvykle monolitických) aplikácií
+ Flexibilné možnosti zálohovania

- Komplikovanejšia licenčná politika (ceny)
- Výkonnostná réžia
- Existujú aj iné možnosti…

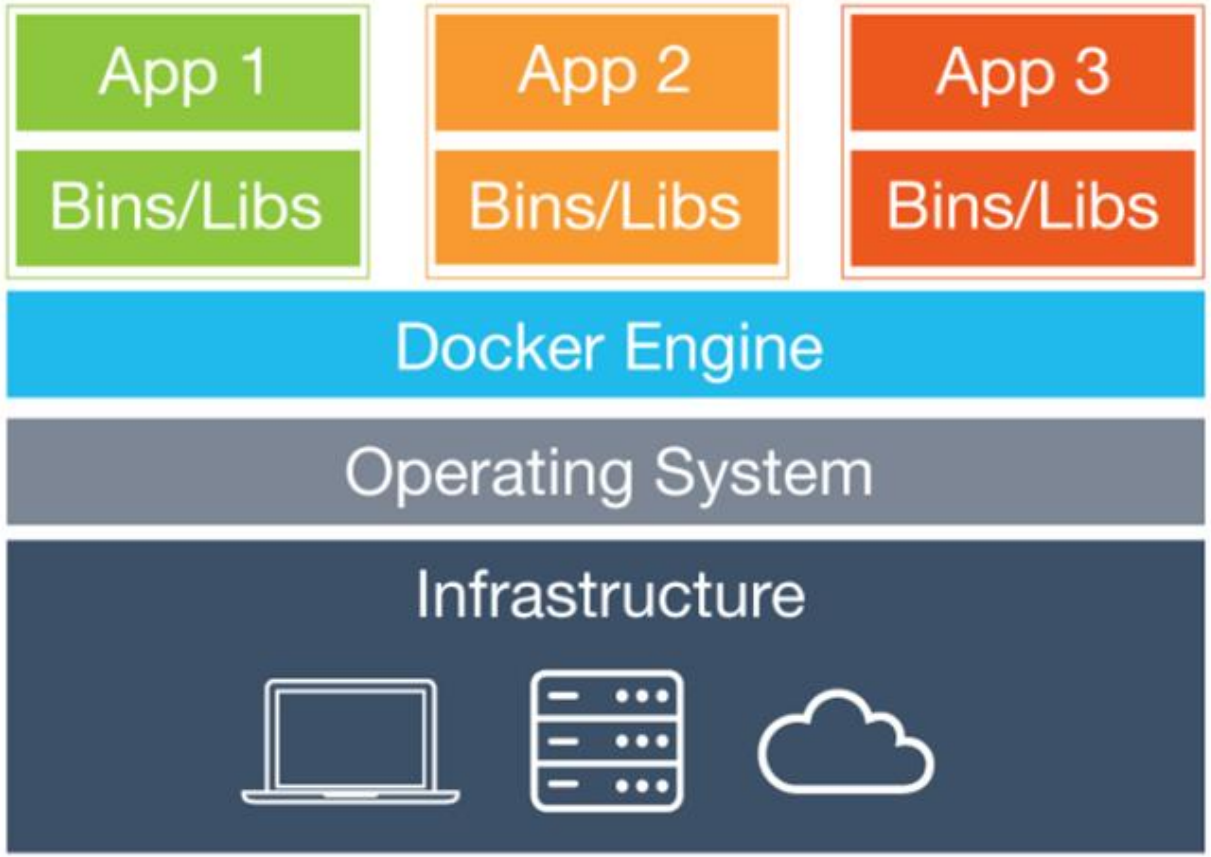
Kontajnerizované aplikácie (Docker) - motivácia

- Ako pracovať s výpočtovými prostriedkami **ešte** flexibilnejšie?
- Dynamické prideľovanie (na úrovni **aplikácie / kontajnera**):
  - času a počtu jadier procesora (CPU)
  - operačnej pamäte (RAM)
  - zdrojov pre ukladanie dát (disk / volumes)
  - …
- Vznikanie a zanikanie inštancií aplikácie podľa potreby (záťaže)
- Unifikované nasadenie naprieč platformami (fyzickými i virtuálnymi)

Kontajnerizované aplikácie (Docker)

- Softvérový kontajner = binárna reprezentácia aplikácie (služby) so **všetkými jej závislosťami**
  - Obsahuje všetko potrebné k spusteniu (nasadeniu) aplikácie, často vr. minimalistického operačného systému (napr. Alpine Linux)
- Vystavuje funkcionalitu - (mikro)službu prostredníctvom **rozhrania** (napr. vyhradený rozsah portov)
- Predstavuje **izolovaný proces**, využíva sa virtualizácia (Linuxové jadro)
- Kontajnery využívajú a **zdieľajú prostriedky OS** (hostiteľa)

Kontajnerizované aplikácie (Docker) /2



Zdroj obrázka: https://www.oodlestechnologies.com/blogs/the-concept-of-containerization-with-docker/

Výhody kontajnerov oproti VM

+ Ľahké (lightweight) - kontajnery zahŕňajú iba závislosti a systémové procesy potrebné pre vykonávanie kódu aplikácie (mikroslužby)

  = lepšie využitie HW, nižšie **výpočtové nároky**, rýchlejšia **odozva**

+ Flexibilné a škálovateľné - rýchly vznik a zánik inštancií

  = jednoduché **škálovanie** podľa záťaže (potreby)

  = podpora **produktivity** developerov

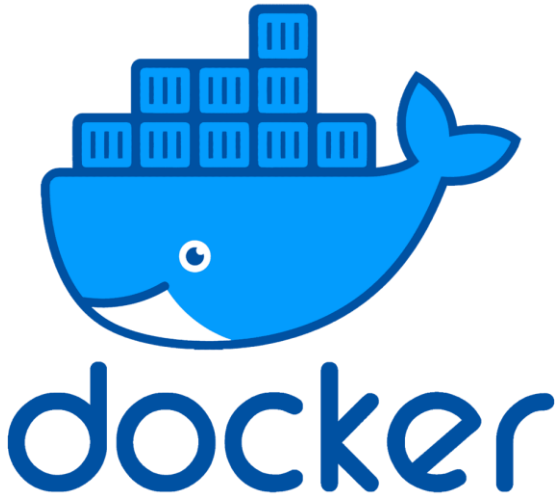
+ Izolované - nemajú dosah na iné procesy OS

  = ľahší **monitoring, debugovanie**, zvýšená **bezpečnosť**

  = jemná **granularita prideľovania prostriedkov**

Docker - základné pojmy

- Platforma pre podporu vývoja, ladenia a nasadzovania kontajnerizovaných aplikácií (služieb)
- Architektúra klient-server:
  - Docker démon (dockerd) - REST API
  - Docker klient - CLI rozhranie
  - Docker Hub - register obrazov (images)
  - Docker Desktop - distribúcia pre populárne OS
  - Docker Compose - jednoduchá kompozícia a orchestrácia kontajnerov



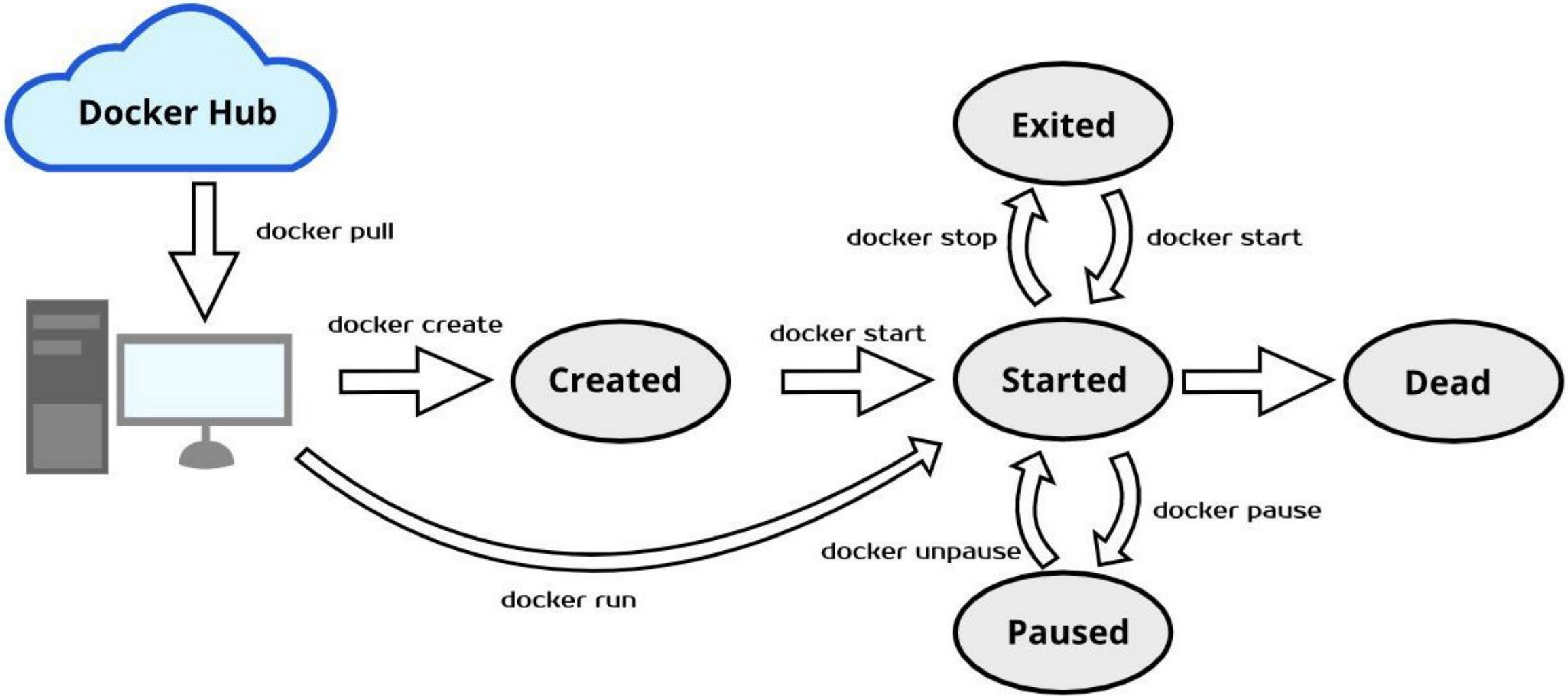
Docker image

- Binárny obraz, z ktorého sa vytvára Docker Container
  - Obsahuje všetok **kód, závislosti, assety, služby** nutné pre spustenie kontajnera
  - Distribuuje sa cez Docker register (napr. Docker Hub) na báze HTTP
  - Mnohé obrazy sú založené na iných obrazoch - napr. Nginx založený na Alpine Linuxe
  - Obraz je zložený z **vrstiev**, tieto sú zdieľané medzi obrazmi
  - Každá vrstva obsahuje zmeny (delta) oproti predchádzajúcej vrstve
  - Docker image = typicky reťaz vrstiev
  - Tento koncept umožňuje **šetriť výpočtový výkon a pamäť** pri práci s kontajnermi

Docker container

- Vykonateľná inštancia Docker image
  - Je **izolovaný** od OS a ostatných kontajnerov (záleží od konfigurácie)
  - Je **volatilný** (s jeho zánikom zaniká aj jeho stav - dáta)
  - Pre serializáciu dát je nutné použíť Docker **volumes**, príp. tzv. “bind-mounts”
  - Môže poskytovať **službu** na sieťovom rozhraní (mapovanie portov)
  - Prechádza stavmi:
    - Vytvorený => Spustený => (Pauznutý) => Zastavený => (Mŕtvy)

Docker container /2



Zdroj obrázka: https://medium.com/future-vision/docker-lifecycle-tutorial-and-quickstart-guide-c5fd5b987e0d

Dockerfile

- Textový súbor inštrukcií (**návod**) na zostavenie (**build**) Docker image
- Automatizovaný pipeline príkazov
- Umožňuje jednoducho zostaviť “čerstvú” verziu obrazu podľa potreby (napr. pri vydaní aktualizácie Node.JS)
- Základné direktívy:
  - FROM - existujúci obraz, na ktorého báze vytvárame nový Docker image
  - WORKDIR - zmena pracovného adresára v súborovom systéme kontajnera
  - COPY - kopírovanie do kontajnera v tvare <zdrojová_cesta> <cieľová_cesta>
    - ADD - podobné ako COPY, podporuje zdroje na URI, prácu s “tarballs”

Dockerfile /2

- Základné direktívy (pokrač.):
  - ARG - argument (premenná prostredia) **iba v procese zostavenia**
    - Možnosť override pomocou direktívy --build-arg
  - ENV - premenná prostredia platná pre **budúci kontajner**
  - RUN - spustenie príkazu v kontajneri v rámci procesu zostavovania
    - Napr. npm install, ale aj ľubovoľný SHELL skript
  - EXPOSE - vystavenie portov (rozsahu portov) z kontajnera
  - CMD - proces nasledovaný parametrami, ktorý sa vykoná po spustení kontajnera
    - Parametre možno preťažovať (override) pri vytváraní kontajnera
    - Podobná direktíva ENTRYPOINT - parametre nemožno ignorovať ani preťažovať

Dockerfile - ukážka (multi-stage Quasar build)

```
# ----- BUILD STAGE -----
FROM docker.myapp.dev/quasar-builder:latest as build-stage

# Aliases setup for container folders
ARG SPA_src="."
ARG DIST="/build"

# Define arguments which can be overridden at build time
ARG API_URL="https://api.myapp.dev"

# Set the working directory inside the container
WORKDIR ${DIST}

# Allows us to take advantage of cached Docker layers.
COPY ${SPA_src}/package*.json ./

# Install dependencies
RUN npm install

# Copy source files inside container
COPY ${SPA_src} .

# Build the SPA
RUN npx @quasar/cli build -m spa
```

Dockerfile - ukážka (multi-stage Quasar build) /2

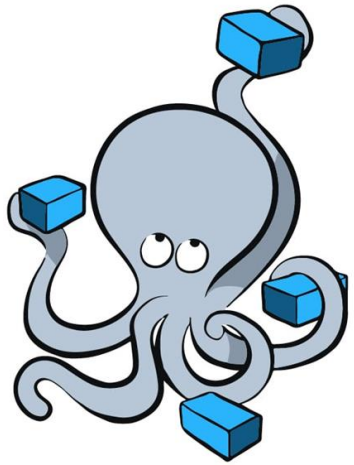
```
# ----- PRODUCTION STAGE -----
FROM node:lts as production-stage

# Aliases setup for container folders
ARG DIST="/build"
ARG SPA="/myapp"

# Define environment variables for HTTP server
ENV HOST="0.0.0.0"
ENV PORT="8080"

# Set working directory
WORKDIR ${SPA}

# Copy build artifacts from previous stage
COPY --from=build-stage ${DIST}/dist/spa ./

# Expose port outside container
EXPOSE ${PORT}

# Install pm2 process manager
RUN npm install -g pm2

# Install dependencies for server module
RUN npm install --production

# Start server module inside the container
CMD ["pm2-runtime", "pm2cfg.yml", "--no-auto-exit"]
```

Docker volumes

- Kontajnery sú **volatilné**, dáta zanikajú so zánikom kontajnera
  - Používajú súborový systém UFS v móde read-only
- Docker volume:
  - Abstraktná jednotka pre ukladanie dát v **správe Docker démona**
  - Vyhradený priestor Dockra na disku - nemožno doň zasahovať “manuálne”
  - Podpora rôznych ovládačov (napr. sieťové volumes - protokol NFS)
- Bind-mount:
  - Priame “pripojenie” určitej **cesty na disku** ku kontajneru
  - Pozor na privilégiá (permissions), konkurenciu, nechcené zmazanie dát…

Docker compose

- Jednoduchá kompozícia a orchestrácia (koordinácia) Docker kontajnerov
  - Vznik / zánik, prepojenie, perzistencia dát, zotavenie z chýb, monitoring
- Prechod od kontajnerov k službám (services)
- Konfigurovateľné prostredníctvom **docker-compose.yml**
  - Názov služby
  - Obraz kontajnera
  - Vystavené porty
  - Pripojené volumes
  - Prepojenia s inými kontajnermi



docker
Compose

Docker compose /2

- Konfigurovateľné prostredníctvom docker-compose.yml (pokrač.)
  - Premenné prostredia
  - Politika reštartovania (zotavenie sa z chýb)
  - Preťaženie príkazu pre spustenie kontajnera (CMD)
  - Špecifikácia virtuálnej siete a módu mapovania sieťových rozhraní (Linux-only)
  - Globálna definícia Docker volumes
  - Limity prideľovania prostriedkov - CPU, RAM
    - Memory reservation - garantovaný **“mäkký” limit** pre kontajner, hodnotu môže presiahnuť
    - vs. Memory limit - **“tvrdý” limit**, po prekročení bude kontajner ukončený (reštartovaný)

Docker-compose.yml - ukážka (Wordpress + MariaDB)

```yaml
version: '3.5'
services:
  wordpress-uxtweak:
    image: arm64v8/wordpress
    restart: unless-stopped
    ports:
      - 8080:80
    environment:
      WORDPRESS_DB_NAME: wp-uxtweak
    volumes:
      - wordpress-uxtweak:/var/www/html
  mysql-wordpress:
    image: arm64v8/mariadb
    restart: unless-stopped
    environment:
      MYSQL_DATABASE: wp-db
      MYSQL_USER: wpuser
      MYSQL_PASSWORD: wppass
      MYSQL_ROOT_PASSWORD: toor
    volumes:
      - mysql-wordpress:/var/lib/mysql

volumes:
  wordpress-uxtweak:
    name: wordpress-uxtweak-volume
  mysql-wordpress:
    name: mysql-wordpress-volume
```

Docker - najčastejšie používané príkazy

- docker build [options] [context] - zostavenie Docker image (z Dockerfile)

  $ docker build -f my-dockerfile —build-arg API_HOST=https://api.myapp.dev/ —tag=myapp .

- docker run [options] [image] [command] [arg...] - vytvorenie Docker container

  $ docker run —rm -d -p 8085:8080 -v my-volume:/myapp/data myapp:latest

- docker restart / start / stop / pause [options] [container] - zmena stavu kontajnera

  $ docker stop myapp

- docker system prune [options] - odstránenie zastavených kontajnerov, “dangling” images, nepoužívaných sietí, volumes (voliteľne)

  $ docker system prune

Dokumentáciu, tutoriály a mnoho ďalšieho o Dockri nájdete na: https://docs.docker.com/

Zhrnutie

- Mikroslužby ako základ mnohých veľkých služieb, ktoré používame
- Nasadzovanie v prostredí mikroslužieb - softvérové kontajnery
- Docker ako populárna platforma pre podporu vývoja, ladenia a nasadzovania kontajnerizovaných aplikácií (služieb)

- Nabudúce:
  - Nasadenie v prostredí cloudu (Amazon Web Services)
    - Orchestrácia služieb - Docker Swarm, (AWS ECS / Kubernetes)
    - Stratégie nasadzovania, škálovanie, CDN, replikácia a zálohovanie dát