

Slovenská technická univerzita v Bratislave
Fakulta informatiky a informačných technológií

Spoločenský systém ukladania osobných dát v domácnosti

PROJEKTOVANIE APLIKÁCIÍ POČÍTAČOV

Marek Čederle

`cederlem@stuba.sk`

Obsah

1	Úvod	2
2	Hardvér	2
2.1	PC Skriňa	2
2.2	Základná doska	4
2.3	Procesor	6
2.4	Pamäť	7
2.5	Disky	8
2.5.1	Bootovací disk	8
2.5.2	Dátové disky	9
2.6	Zdroj napájania	10
2.7	Kabeláž	12
3	Softvér	13
3.1	RAID	13
3.2	Operačný systém	14
4	Umiestnenie v domácnosti	15
5	Porovnanie s inými riešeniami	16
5.1	Moje riešenie	16
5.2	Komerčné riešenia	16
5.3	DIY riešenia	17
6	Záver	17

1 Úvod

V dobe, kedy digitálne údaje sú veľmi dôležité nielen pre firmy, ale aj pre jednotlivcov, je nevyhnutné mať spoľahlivé riešenie na ukladanie a zálohovanie údajov. Tento projekt sa zameriava na implementáciu spoľahlivého systému ukladania a zálohovania údajov, ktorý môže bežná osoba prevádzkovať v pohodlí svojho domova. Pôjde o vytvorenie systému NAS¹ využívajúcej bežne dostupné počítačové komponenty a sieťovú infraštruktúru. Projekt sa venuje aj výberu vhodného softvéru, ktorý efektívne využije možnosti systému NAS. Okrem toho sa zaoberá umiestnením NAS v domácom prostredí, aby bolo zabezpečené pohodlné používanie bez zbytočného rušenia. Dôležitou súčasťou projektu je aj porovnanie nákladov medzi domácou a komerčnou alternatívou.

2 Hardvér

Pre potreby projektu som sa snažil vyberať hardvér ktorý má najvyšší pomer cena/výkon. Taktiež som sa snažil vyberať komponenty ktoré sú dostupné na slovenskom trhu. Po výbere a predstavení komponentov si následne poskladáme.

2.1 PC Skriňa

Pre naše potreby nám bude stačiť PC skriňa Frantel Design CORE 2500, ktorá je dostatočne veľká na to aby sme do nej mohli nainštalovať všetky potrebné komponenty. Obsahuje aj dostatok pozící pre dátové disky ktorých sa do 3,5" slotov zmestí až 4 a následne pomocou redukcie do 5,25" až 2 čo nám dohromady dáva priestor pre 6 diskov.

¹Network Attached Storage



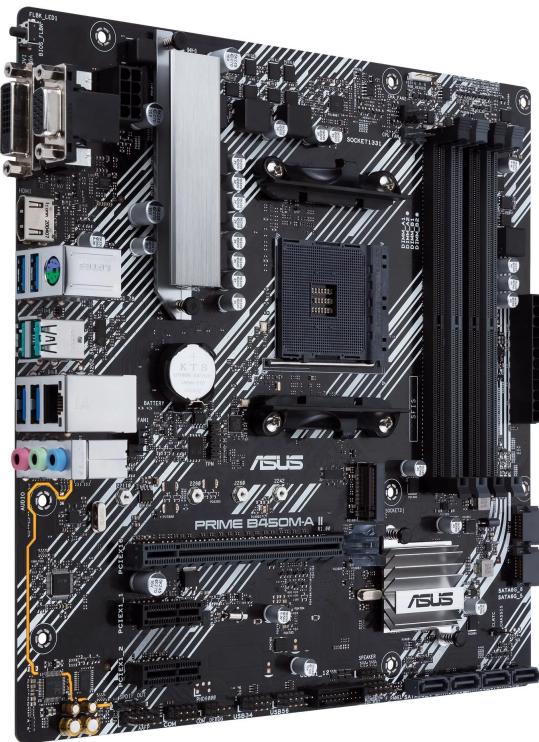
Obr. 1: PC Skriňa - Fractal Design CORE 2500
Zdroj: <https://www.alza.sk/fractal-design-core-2500-d2169926.htm>

Parameter	Hodnota
Veľkosť	Midi Tower
Farba	Čierna
Formát základnej dosky	ATX, mATX (Micro ATX), mITX (Mini ITX)
Počet interných 3,5" slotov	4×
Počet interných 2,5" slotov	1×
Max. výška chladiča procesora	162 mm
Max. dĺžka grafickej karty	380 mm
Ďalšie vybavenie	Prachové filtre
Externá 5,25" pozícia	2×
Umiestnenie predného panelu	Zhora
Konektory predného panelu	USB 3.2 Gen 1, Slúchadlá, Mikrofón
Bočnica	Nepriehľadná
Materiál bočnice	Ocelová
Regulácia ventilátorov	Áno
Zdroj	Bez zdroja
Podporovaný formát zdroja	ATX
Veľkosť predného ventilátora	1x120mm, 2x140mm
Veľkosť zadného ventilátora	1x120mm
Veľkosť horného ventilátora	1x120mm, 1x140mm
Počet pozícií pre ventilátory	7×
Počet osadených ventilátorov	2x120mm
Podporovaná veľkosť radiátora zhora	120mm, 240mm
Podporovaná veľkosť radiátora spredu	120mm, 140mm, 240mm, 280mm
Farba podsvietenia	Bez podsvietenia
Materiál skrine	Ocel
Šírka	195 mm (19,5 cm)
Výška	431 mm (43,1 cm)
Hĺbka	450 mm (45 cm)
Hmotnosť	5,7 kg

Tabuľka 1: Parametre pre Fractal Design CORE 2500

2.2 Základná doska

Základná doska ASUS PRIME B450M-A II je ideálnou voľbou pre naše potreby. Ide o základnú dosku so starším AM4 socketom, ktorý však podporuje procesory dostatočne výkonné pre naše potreby a čipsetom B450. Doska obsahuje 4 sloty pre operačnú pamäť RAM, ktoré nám umožnia neskôr rozšíriť pamäťovú kapacitu ak bude treba keďže budeme osádzať iba 2 sloty. Taktiež obsahuje 6 SATA portov, ktoré nám umožnia pripojiť dostatočné množstvo diskov. Obsahuje aj jeden PCIe 3.0 x16 slot, ktorý nám umožnuje pripojiť sieťovú kartu s vyššou priepustnosťou alebo pomôže rozšíriť kapacitu diskov pomocou pripojenia redukcie na SATA porty.



Obr. 2: Základná doska - ASUS PRIME B450M-A II
 Zdroj: <https://www.alza.sk/asus-prime-b450m-a-ii-d6219596.htm>

Parameter	Hodnota
Socket	AMD AM4
Čipset	AMD B450
Formát základnej dosky	mATX (Micro ATX)
Základné funkcie	Integrovaná sieťová karta, Integrovaná zvuková karta, M.2, PCI Express 3.0, Príprava pre CPU s integrovaným GPU, Serial ATA III
Typ slotov	DIMM
Typ pamäte	DDR4
Počet slotov RAM	4 ×
Maximálna frekvencia (OC)	4 400 MHz
Typ zvukovej karty	Realtek ALC897
Počet kanálov zvukovej karty	8
Externé konektory	DVI, HDMI, Jack, PS/2, RJ-45 (LAN) 1Gbps, USB 3.2 Gen 1, USB 3.2 Gen 2, VGA (D-Sub)
Interné konektory	COM header, M.2 Socket, RGB LED Header, S/PDIF header, Serial ATA III, TPM header, USB 2.0 header, USB 3.2 Gen 1 header
PCI Express x16	1×
PCI Express x1	2×
USB 3.2 Gen 1 (USB 3.0)	4×
USB 3.1 (3.1 gen2)	2×
M.2 sloty	1×
Serial ATA III	6×

Tabuľka 2: Špecifikácie základnej dosky ASUS PRIME B450M-A II

2.3 Procesor

Vybral som procesor AMD Ryzen 5 4600G, ktorý je dostatočne výkonný pre náš systém NAS. Procesor obsahuje 6 jadier a 12 vláken s relatívne vysokou frekvenciou. Taktiež obsahuje integrovanú grafickú kartu, čo nám umožní ušetriť peniaze na samostatnej grafickej karte. Taktiež obsahuje chladič s dostatočnou chladiacou kapacitou pre naše využitie, ktorý nám ušetrí ďalšie náklady.



Obr. 3: Procesor - AMD Ryzen 5 4600G

Zdroj: <https://www.alza.sk/amd-ryzen-5-4600g-d7463833.htm>

Parameter	Hodnota
Rad procesora	AMD Ryzen 5
Socket	AMD AM4
Modelové označenie	AMD Ryzen 5 4600G
Mikroarchitektúra	Zen 2
Počet jadier procesora	6 ×
Počet vláken	12 ×
Frekvencia procesora	3,7 GHz (3,7 GHz)
Maximálna frekvencia (OC)	4,2 GHz (4 200 MHz)
Podporovaný typ pamäte	DDR4
Maximálny počet kanálov	2 ×
Typ integrovanej grafickej karty	AMD Radeon Graphics
Frekvencia integrovanej grafickej karty	1 900 MHz
Funkcie	Automatické pretaktovanie, Virtualizácia, Integrované GPU, Multi-Threading, Chladič v balení
TDP	65 W
Výrobné technológie	7 nm
L2 cache	3 MB
L3 cache	8 MB

Tabuľka 3: Špecifikácie procesora AMD Ryzen 5 4600G

2.4 Pamäť

Pre naše potreby použijeme 16 GB operačnej pamäte RAM. Je to viac než dosť a bude nám to tvoriť rezervu do budúcnosti. Vybral som dva moduly Kingston Fury s kapacitou 8 GB a frekvenciou 3200 MHz (2x8GB). Pamäť sice nie nemá funkcionalitu ECC², avšak potom by sme potrebovali oveľa drahšiu základnú dosku a procesor, ktoré túto funkcionalitu podporujú.



Obr. 4: Pamäť - Kingston FURY 16 GB KIT DDR4 3200 MHz CL16 Beast Black

Zdroj: <https://www.alza.sk/kingston-fury-16-gb-kit-ddr4-3200-mhz-cl16-beast-black-d6622616.htm>

Parameter	Hodnota
Určenie	Pre počítač
Vyhovovanie	DIMM
Typ pamäte	DDR4
Modul pamäte	PC4-25600
Veľkosť operačnej pamäte RAM	16 GB
Počet modulov v balení	2 ks
Moduly v balení	2x8GB
Frekvencia pamäte	3 200 MHz
Časovanie	CL16
Časovanie	16-18-18
Priepustnosť	25 600 MB/s
Napätie	1,35 V
Ďalšie vlastnosti	Single Rank
Farba podsvietenia	Bez podsvietenia
RGB ovládanie	Nepodporuje

Tabuľka 4: Špecifikácie pamäte Kingston FURY 16 GB KIT DDR4 3200 MHz CL16 Beast Black

²Error-correcting code

2.5 Disky

Náš systém bude potrebovať okrem dátových diskov aj disk, kde bude uložený samotný operačný systém (bootovací disk). Na tento účel nám bude slúžiť práve SSD disk, ktorý bude umiestnený v M.2 slote na základnej doske.

2.5.1 Bootovací disk

Ako bootovací disk nám bude bohaté postačovať Patriot P300 s veľkosťou 128GB. Disk má rozhranie PCIe verzie 3.0 čo je súčasť starší standard ale na naše potreby bude stačiť a naša základná doska aj tak nepodporuje novší standard. Veľkosť disku prekračuje potreby operačného systému ale keďže ide o veľmi lacnú položku, tak sa neoplatí kupovať nejaký nespoľahlivý USB disk s menšou kapacitou alebo SD kartu. Radšej investujeme do kvalitného SSD disku ktorý nám bude slúžiť aj do budúcnosti.



Obr. 5: Bootovací disk - Patriot P300 128GB

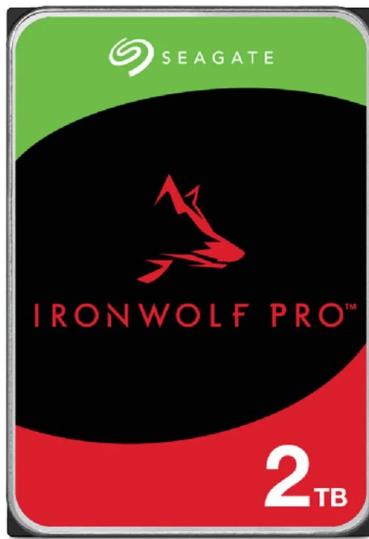
Zdroj: <https://www.alza.sk/patriot-p300-128gb-d5798224.htm>

Parameter	Hodnota
Kapacita úložiska (HDD + SSD)	128 GB (0,13 TB)
Typ úložiska	SSD
Formát (Form Factor)	M.2
Kapacita disku	128 GB (0,13 TB)
Šírka	22 mm (2,2 cm)
Výška	3,8 mm (0,38 cm)
Hĺbka	80 mm (8 cm)
Hmotnosť	20 g (0,02 kg)
Farba	Čierna
Rad disku	Patriot P300
Použitie	Do počítača, Do notebooku, Interný
Rozhranie interné	M.2 (PCIe 3.0 4x NVMe)
Rýchlosť náhodného čítania	290 000 IOPS
Rýchlosť náhodného zápisu	150 000 IOPS
Rýchlosť čítania	1 600 MB/s
Rýchlosť zápisu	600 MB/s
Radič	Silicon Motion SM2263XT
Veľkosť článku/bunky	TLC (Triple-Level Cell)
Životnosť disku	40 TBW
Typická spotreba	2,07 W
Stand-by spotreba (pohotovostná)	0,37 W (370 mW)

Tabuľka 5: Špecifikácie SSD disku Patriot P300 128GB

2.5.2 Dátové disky

Pri výbere dátových diskov (najdôležitejšou časťou pre nás) som zohľadniť internetové recenzie a moje doterajšie znalosti. Rozhodoval som sa medzi WD Red Pro a Seagate IronWolf Pro. Nakoniec som zvolil Seagate IronWolf Pro pretože boli viacej doporučované na internete a majú väčšiu vyrovnávaciu pamäť (cache) čo nám zvýši rýchlosť pri čítaní a zápisе dát. Zvolil som 2 TB verziu pretože na naše účely by to bolo dostatočné. Keďže pôjde o 4 disky, tak nám to dáva celkovú kapacitu 8 TB. Ale kvôli použitiu redundancie nám ostanú “len” 4 TB reálneho miesta.



Obr. 6: Dátový disk - Seagate IronWolf Pro 2 TB
 Zdroj: <https://www.alza.sk/seagate-ironwolf-pro-2-tb-d7470754.htm>

Parameter	Hodnota
Kapacita úložiska (HDD + SSD)	2 000 GB (2 TB)
Typ úložiska	HDD
Formát (Form Factor)	3,5"
Kapacita disku	1 953,13 GB (1,91 TB)
Šírka	101,85 mm (10,19 cm)
Výška	26,11 mm (2,61 cm)
Hĺbka	146,99 mm (14,7 cm)
Hmotnosť	620 g (0,62 kg)
Farba	Cierna, Červená
Rad disku	Seagate IronWolf Pro
Použitie	Do počítača, Dátové úložiská, Interný
Rozhranie interné	SATA III
Rýchlosť čítania	226 MB/s
Rýchlosť zápisu	226 MB/s
Technológia zápisu	CMR
Vyrovnavacia pamäť	256 MB
radič	Seagate
Maximálna hlučnosť	30 dB(A)
Mean Time Before Failure	2 000 000 h
Typická spotreba	6,7 W
Stand-by spotreba (pohotovostná)	1 W (1 000 mW)

Tabuľka 6: Špecifikácie dátového disku Seagate IronWolf Pro 2TB

2.6 Zdroj napájania

Ako zdroj napájania by nám stačil aj 300/350W zdroj avšak kvôli rezerve a vysokej účinnosti som sa rozhodol pre zdroj s výkonom 400W. Vybral som zdroj Be quiet! PURE POWER 11 400

W. Zdroj má vysokú účinnosť a tichý chod, čo je pre nás dôležité keďže bude umiestnený v byte a bude bežať nonstop (24/7). Taktiež má dostatok kálov pre všetky možné disky.



Obr. 7: Zdroj napájania - Be quiet! PURE POWER 11 400 W
Zdroj: <https://www.alza.sk/be-quiet-pure-power-11-400w-d5549562.htm>

Parameter	Hodnota
Výkon	400 W
Formát	ATX
Verzia	ATX 2.4
Výbava a funkcie	Aktívny PFC, Tepelná regulácia otáčok, Sieťový vypínač
Typ ochrany	Podpäťová ochrana, Nadprúdová ochrana (OCP), Ochrana proti preťaženiu (OPP), Ochrana proti skratu (SCP), Ochrana proti prehriatiu (OTP)
Certifikácia	80 PLUS Gold
Účinnosť	92 %
Konektory	ATX 24pin, CPU 8pin / 4+4pin, Floppy 4pin, Molex 4pin, PCI-E 8pin / 6+2pin, SATA 15pin
Počet PCI Express 8-pin	2×
Počet Serial ATA 15-pin	5×
Počet Molex HDD 4-pin	2×
Počet Molex FDD 4-pin	1×
Veľkosť ventilátora	120 mm
Maximálna hlučnosť	14,9 dB
Šírka	150 mm (15 cm)
Výška	150 mm (15 cm)
Hĺbka	86 mm (8,6 cm)
Hmotnosť	1,93 kg (1 930 g)

Tabuľka 7: Špecifikácie zdroja Be quiet! PURE POWER 11 400 W

2.7 Kabeláž

Na prepojenie nášho systému NAS a nášho domáceho PC použijeme tienený (FTP) CAT6 kábel s dĺžkou 15 metrov. Tento kábel je vhodný pre gigabitové siete a je odolný voči prípadnému elektromagnetickému rušeniu. Taktiež budeme potrebovať káble pre pripojenie dátových diskov. Na to použijeme SATA káble ktoré sú súčasťou balenia základnej dosky. Keďže sa tam nachádzajú iba dva káble, tak budeme musieť dokúpiť ďalšie dva.



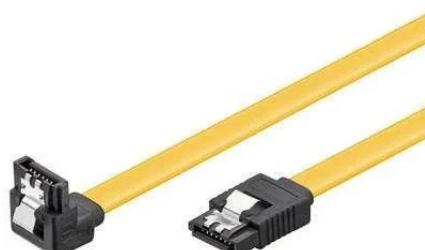
Obr. 8: Sieťový kábel - AlzaPower Patch CAT6 FTP 15 m

Zdroj:

<https://www.alza.sk/alzapower-patch-cat6-ftp-15-m-sivy-d6592195.htm>

Parameter	Hodnota
Typ	Prepojovací kábel
Male konektor - Typ	RJ-45
Male konektor - Štandard	CAT6
Male konektor - Počet	2 ×
Dĺžka kábla	15 m
Zakončenie	Rovné
Tienenie	FTP
Vlastnosti	Obojstranná koncovka, Tienený kábel
Farba	Sivá

Tabuľka 8: Špecifikácie sietového kábla



Obr. 9: SATA kábel - PremiumCord SATA III 90° 0.2 m

Zdroj:

<https://www.alza.sk/premiumcord-sata-iii-90-0-2m-d2147595.htm>

Parameter	Hodnota
Typ	Prepojovací kábel
Male konektor - Typ	SATA
Male konektor - Štandard	Serial ATA III
Male konektor - Počet	2 ×
Dĺžka kábla	0,2 m
Zakončenie	Zahnuté
Vlastnosti	Obojstranná koncovka
Farba	Žltá

Tabuľka 9: Špecifikácie prepojovacieho kábla

3 Softvér

Zo softvérovej časti je treba si zvoliť aký typ redundancie dát chceme, aký operačný systém použijeme pre náš projekt.

3.1 RAID

RAID³ je metóda, ktorá nám umožňuje kombinovať viaceré diskov do jedného logického celku. Jednotlivé typy polí dosahujú v závislosti od konfigurácie rôznu úroveň zabezpečenia dát pred chybami a stratou spôsobenou zlyhaním hardvéru a rôzne veľké zvýšenie výkonu (dátovej priepustnosti) pri diskových operáciách vo vzťahu k počtu diskov, potrebe špecializovaných radičov polí a tým aj cene riešenia.

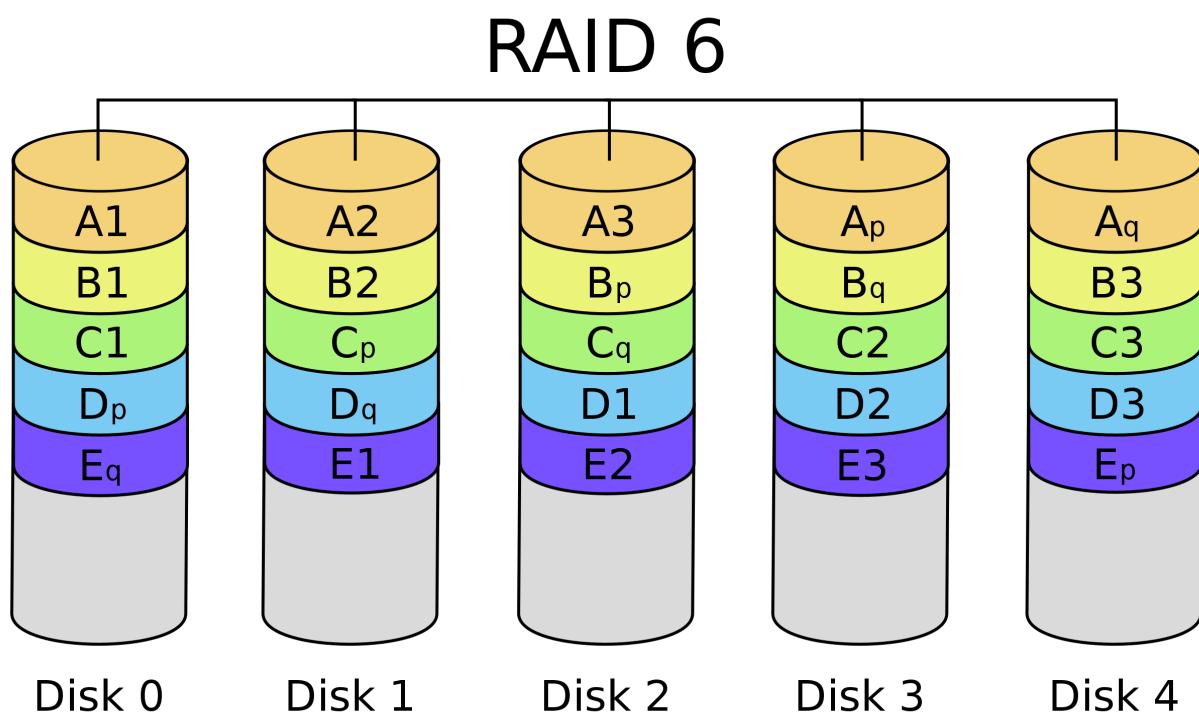
RAID má viacero typov, ktoré sa líšia v počte diskov, ktoré môžu zlyhať aby nám nevznikla strata dát. Typy RAIDov:

- RAID 0
 - Dáta sú rozdelené medzi viaceré disky pre zvýšenie rýchlosťi, ale neponúka žiadnu redundanciu dát. Ak zlyhá jeden disk, príde o všetky dátu.
- RAID 1
 - Dáta sú zrkadlené na dvoch diskoch pre úplnú redundanciu dát. Môžeme prísť o jeden disk.
- RAID 5
 - Používa jeden disk na paritné dátu. Dáta a parita sú rozdelené medzi tri alebo viac diskov. Poskytuje toleranciu chýb pri zlyhaní jedného disku.
- RAID 6

³Redundant Array of Independent Disks

- Podobné ako RAID 5, ale používa dva paritné disky, čo ponúka extra redundanciu dát. Z toho vyplýva že môžeme prísť až o dva disky, ale potrebujeme minimálne 4 disky.
- RAID 10
 - Kombinuje RAID 0 a RAID 1. Poskytuje redundanciu RAID 1 spolu so zvýšeným výkonom RAID 0.

Rozhodol som sa, že v našom projekte použijeme RAID 6 ktorý nám zaručuje vysokú redundanciu dát (môžeme prísť až o dva disky) avšak za cenu toho že z celkovej kapacity diskov nám ostane len 50% (pri 4 diskoch). Nič nám však nebráni v prípade potreby použiť až 6 diskov keďže nám to naša PC skriňa umožnuje. Týmto vieme zvýšiť celkovú reálnu kapacitu.



Obr. 10: RAID 6

Zdroj: <https://sk.wikipedia.org/wiki/RAID>

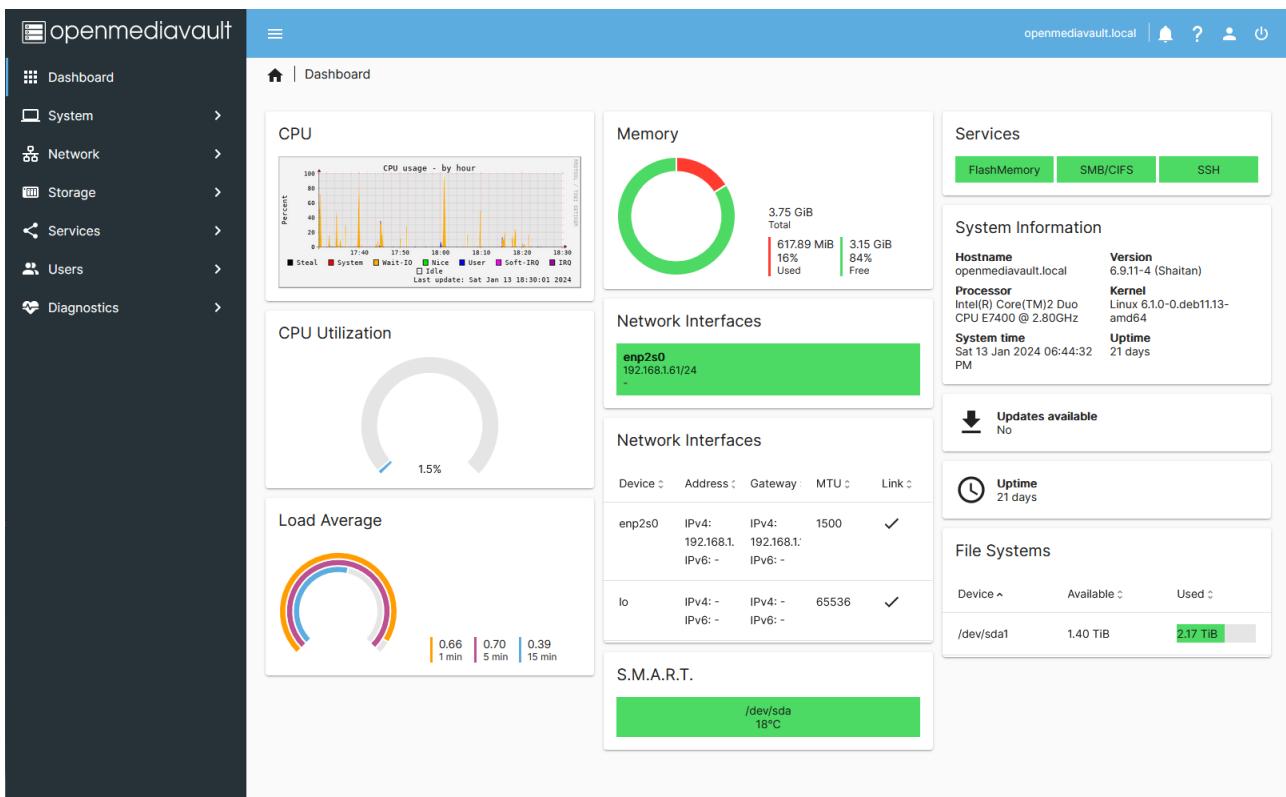
3.2 Operačný systém

Rozhodoval som sa medzi dvomi operačnými systémami TrueNAS a OpenMediaVault. Podľa internetových recenzií a svojho uváženia som sa rozhodol pre OpenMediaVault. TrueNAS je súčasťou profesionálnejšej rodiny operačných systémov, ale pre naše potreby je OpenMediaVault viac než dostatočný. Je to open-source projekt, čo znamená že má dostupný zdrojový kód a môžeme si ho prispôsobiť podľa našich potrieb.

OpenMediaVault je primárne určený na používanie v domácom prostredí alebo malých domáčich kanceláriách, ale nie je obmedzený len na tieto scenáre. Je to jednoduché a ľahko

použiteľné riešenie, ktoré môže nainštalovať a spravovať každý bez toho, aby potreboval znalosti na úrovni experta v oblasti sietových a dátových systémov.

Systém je postavený na modulárnej konštrukcii a možno ho ľahko rozšíriť pomocou pluginov dostupných hneď po inštalácii základného systému. Ďalšie pluginy tretích strán sú k dispozícii prostredníctvom repozitára OMV-Extras.



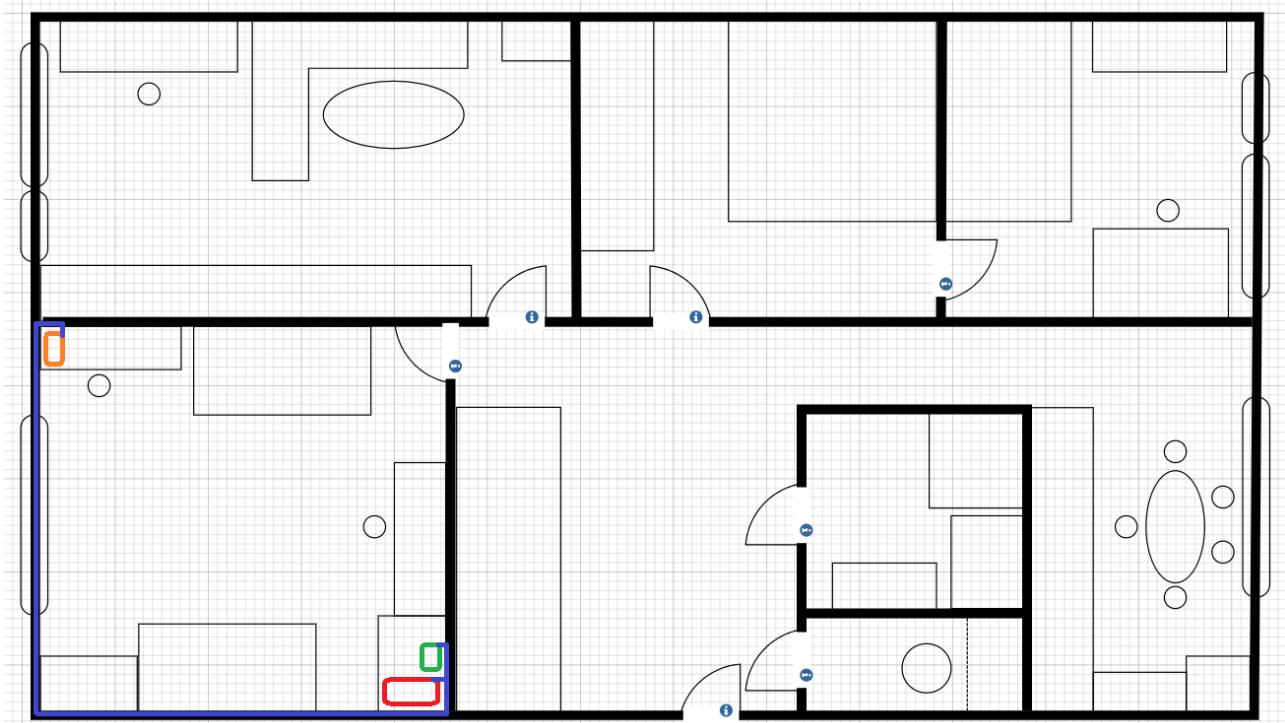
Obr. 11: Ukážka používateľského rozhrania OMV
Zdroj: <https://en.wikipedia.org/wiki/OpenMediaVault>

4 Umiestnenie v domácnosti

Kedže ide o domáci NAS, ktorý by som sám používal, zameral som sa na umiestnenie v byte, ktoré by bolo pre mňa najvhodnejšie z pohľadu hlučnosti. Rozhodol som sa umiestniť NAS pod stôl v pracovni, kde by neboli počutť, ale zároveň by bol k nemu dobrý prístup. Môžeme si to všimnúť na zjednodušenom pôdoryse[12] bytu.

Legenda:

- Router
- NAS
- Sieťová kabeláž vedúca cez rohovú lištu
- Domáci počítač



Obr. 12: Pôdorys bytu

5 Porovnanie s inými riešeniami

Ako prvú máme tabuľku s cenami spoločných položiek pre všetky riešenia. Sú tam zahrnuté dátové disky a sieťová kábel z dôvodu že pre všetkých riešeniach by sme tieto položky potrebovali a teda dáva zmysel ich vynechať z porovnania.

Položka	Cena (€)
Dátové disky	4 x 113,90
CAT6 FTP kábel	8,99
Celková cena	465,19

Tabuľka 10: Cena spoločných položiek

5.1 Moje riešenie

Lorem ipsum

5.2 Komerčné riešenia

Lorem ipsum

Položka	Cena (€)
PC Skriňa	65,90
Základná doska	76,90
Procesor	96,90
Pamäť	42,90
Bootovací Disk	15,90
Zdroj	61,90
SATA káble	2 x 2,69
Celková cena	365,78

Tabuľka 11: Cena komponentov pre moje riešenie

5.3 DIY riešenia

Raspberry Pi + disky s OpenMediaVault Video od LTT

Položka	Cena (€)		
	Moje riešenie	Komerčné riešenie	DIY riešenie
PC Skriňa	65,90	-	
Základná doska	76,90	-	
Procesor	96,90	-	
Pamäť	42,90	-	
Bootovací Disk	15,90	-	
Zdroj	61,90	-	
SATA káble	2 x 2,69	-	
Celková cena	365,78	689	

Tabuľka 12: Porovnanie cien pre rôzne riešenia

6 Záver

Z cenových porvani vyplýva že náš systém NAS vychádza lacnejšie ako komerčné riešenie. Taktiež je oveľa viac konfigurovateľný a môžeme si ho prispôsobiť podľa našich potrieb. Avšak pre náročnejších ľudí, ktorí sa radi hrajú s rôznymi technológiami by bolo DIY⁴ riešenie s pomocou Raspberry Pi prípadne špecializovaného hardvéru za podobnú cenu lepšou voľbou.

Literatúra

- [1] Wikipedia contributors. Raid — Wikipedia, the free encyclopedia, 2024. URL <https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=RAID&oldid=1213793607>. [Online; accessed April-2024].

⁴Do It Yourself

- [2] Wikipedia contributors. Truenas — Wikipedia, the free encyclopedia, 2024. URL <https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=TrueNAS&oldid=1216096024>. [Online; accessed April-2024].
- [3] Wikipedia contributors. Openmediavault — Wikipedia, the free encyclopedia, 2024. URL <https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=OpenMediaVault&oldid=1217184193>. [Online; accessed April-2024].
- [4] WunderTech. OpenMediaVault vs. TrueNAS, 2024. URL <https://www.wundertech.net/openmediavault-vs-truenas/>. [Online; accessed April-2024].
- [5] Madhuri Kumari. How much disk is required for RAID Configurations?, 2024. URL <https://techchefmadhuri.medium.com/how-much-disk-is-required-for-raid-configurations-bff57138e457>. [Online; accessed April-2024].
- [6] Rich Edmonds. Everything you need to know to build your own NAS, 2023. URL <https://www.windowscentral.com/how-set-headless-raspberry-pi-windows-10>. [Online; accessed April-2024].
- [7] Brian Moses. DIY NAS: 2023 Edition, 2023. URL <https://blog.briancmoses.com/2023/03/diy-nas-2023-edition.html>. [Online; accessed April-2024].
- [8] Multiple Authors. OpenMediaVault Documentation, 2024. URL <https://docs.openmediavault.org/en/stable/#>. [Online; accessed April-2024].