

---

Elektrotehnički fakultet u Beogradu  
Katedra za računarsku tehniku i informatiku

*Predmet:* Operativni sistemi 2 (13E113OS2, 13S113OS2)

*Nastavnik:* prof. dr Dragan Milićev

*Školska godina:* 2019/2020. (Zadatak važi počev od januarskog roka 2020.)

# Projekat za domaći rad

## - Projektni zadatak –

### Verzija dokumenta: 1.0

**Važne napomene:** Pre čitanja ovog teksta, **obavezno** pročitati opšta pravila predmeta i pravila vezana za izradu domaćih zadataka! Pročitati potom ovaj tekst **u celini i pažljivo**, pre započinjanja realizacije ili traženja pomoći. Ukoliko u zadatku nešto nije dovoljno precizno definisano ili su postavljeni kontradiktorni zahtevi, student treba da uvede razumne pretpostavke, da ih temeljno obrazloži i da nastavi da izgrađuje preostali deo svog rešenja na temeljima uvedenih pretpostavki. Zahtevi su namerno nedovoljno detaljni, jer se od studenata očekuje kreativnost i profesionalni pristup u rešavanju praktičnih problema!

---

# Uvod

---

Cilj ovog zadatka jeste implementacija uprošćenog školskog fajl sistema. Fajl sistem je namenjen za standardni hard disk sa jednom particijom. Za pristup particiji na hard disku obezbeđena je apstrakcija u vidu klase `Partition` koja pruža sve potrebne operacije za pristup podacima na disku. Sistem treba da obezbedi montiranje particije u sistem. Potrebno je obezbediti mogućnost montiranja particije sa postojećim fajl sistemom, kao i montiranje prazne particije i njeno kasnije formatiranje na školski fajl sistem.

---

# Opšti zahtevi

---

## Odnos projekta i korisničke aplikacije

Tražene podsisteme treba realizovati na jeziku C++. Korisničku aplikaciju, koja sadrži test primere, i biblioteku `part.lib`, koja predstavlja apstrakciju particije namenjenu za pristup particijama na hard diskovima, treba povezati sa prevedenim kodom projekta u jedinstven konzolni program (.exe).

## Odnos projekta i operativnog sistema domaćina

Projekat se realizuje pod operativnim sistemom Windows 10 x64, koji je u ovom slučaju operativni sistem domaćin. Izradom projekta se ni na koji način ne sme ugroziti ispravno funkcionisanje operativnog sistema domaćina. Svaki eventualni problem koji se pojavi po pokretanju projekta biće smatran kao greška pri izradi projekta. Po završetku rada, okruženje je neophodno ostaviti u neizmenjenom stanju u odnosu na trenutak pre pokretanja projekta, osim onih delova koji se namerno menjaju samim test primerom koji treba da proveri ispravnost projekta. Svi resursi u sistemu koji će biti korišćeni pri izradi projekta moraju biti korišćeni kroz odgovarajući API operativnog sistema domaćina koji je za to namenjen. Deo koda koji je obezbeđen u okviru postavke projekta je pažljivo napisan, i ukoliko se koristi u skladu sa uputstvom za rad, ne može prouzrokovati nikakve probleme i greške pri izvršavanju.

---

# Zadatak: Školski fajl sistem

---

## Uvod

Za trajno čuvanje podataka fajl sistema koji će biti implementiran u okviru ovog projekta biće korišćeni hard diskovi. Svaki korišćeni disk će biti particionisan. Radi pojednostavljenja rešenja, obezbeđen je interfejs za pristup pojedinačnoj particiji. U sastavu interfejsa koji je obezbeđen nalaze se sledeće operacije:

- kreiranje objekta koji će predstavljati zadatu particiju;
- dobijanje opštih informacija o particiji;
- čitanje sadržaja zadatog klastera na zadato mesto u memoriji;
- upis sadržaja sa zadatog mesta iz memorije u zadati klaster particije.

Fajl sistem treba da obezbedi interfejs za montiranje i demontiranje particija i za rad sa fajlovima. Samo jedna particija može biti montirana u jednom trenutku. Na svakoj particiji postoji samo jedan direktorijum, koreni direktorijum (root), i u njemu su smešteni svi fajlovi. Interakcija sa uređajem na kojem su podaci smešteni vrši se kroz prethodno opisanu apstrakciju.

Za pristup fajl sistemu korisniku treba obezbediti poseban interfejs kroz koji će videti fajl sistem i u njemu postojeće fajlove. Taj interfejs treba obezbediti u vidu dve klase.

Prva klasa treba da apstrahuje fajl sistem na korisničkom nivou. Ta klasa treba da podrži sve opšte operacije fajl sistema:

- dohvaćanje opštih informacija o fajl sistemu;
- montiranje i demontiranje particije u fajl sistem;
- formatiranje namontirane particije;
- ispitivanje postojanja fajla;
- brisanje i otvaranje zadatog fajla;

Druga klasa treba da apstrahuje fajl na korisničkom nivou. Jedan objekat ovog tipa, za nit u čijem je kontekstu kreiran, predstavlja jedan otvoren fajl iz fajl sistema. Jedini način kreiranja objekta koji predstavlja fajl je pozivom operacije otvaranja fajla koja će biti obezbeđena u okviru fajl sistema. Operacije koje ova klasa treba da obezbedi su:

- čitanje i upis niza bajtova zadate veličine od tekuće pozicije;
- dohvaćanje, provera i izmena tekuće pozicije u fajlu; svaka nit treba da ima svoju tekuću poziciju;
- brisanje dela fajla od tekuće pozicije do kraja;
- zatvaranje fajla uništavanjem objekta koji predstavlja otvoren fajl, čime se fajl oslobađa za korišćenje od strane drugih niti.

Ove dve klase su na vrhu slojevite strukture fajl sistema i jedine su koje će krajnji korisnik direktno koristiti pri radu sa fajl sistemom. Na dnu hijerarhije se nalazi data apstrakcija particije. Studentima se ostavlja da osmisle i implementiraju nedostajući deo hijerarhije fajl sistema poštujući sva ograničenja navedena u ovoj postavci.

## Particija

### *Opis datog interfejsa za pristup particiji*

Za potrebe trajnog čuvanja podataka fajl sistema, studentima je data na raspolaganje klasa koja predstavlja jednu particiju. Operacije koje ova klasa u svom interfejsu obezbeđuje su (opisi su poredani po istom redosledu kao i metode u klasi):

- kreiranje objekta particije; pri kreiranju se zadaje naziv konfiguracionog fajla koji sadrži sve ostale informacije potrebne za formiranje ovog objekta;
- dohvatanje informacije o broju klastera na particiji;
- čitanje jednog (i samo jednog) klastera; zadaje se redni broj klastera (klasteri su numerisani počev od 0); pročitani podaci se smeštaju na zadato mesto u memoriji; operacija vraća: 0 – neuspeh ili 1 – uspeh; na pozivaocu leži odgovornost da u memoriji obezbedi slobodan prostor dovoljne veličine za smeštanje traženih podataka;
- upis jednog (i samo jednog) klastera; zadaje se redni broj klastera za upis (klasteri su numerisani počev od 0); podaci za upis se čitaju sa zadatog mesta u memoriji; vraća: 0 – neuspeh ili 1 – uspeh;

Sve date operacije su *thread-safe*, što znači da se potpuno bezbedno mogu pozivati iz konkurentnih niti. Operacije čitanja i upisa su blokirajuće. Sa ovim operacijama moguće je pristupiti samo onim klasterima koji u potpunosti pripadaju particiji. Radi pojednostavljenja, za veličinu klastera je uzeto 2kB i taj parametar nije moguće menjati.

### ***Particija na jeziku C++***

Particija je realizovana klasom `Partition` čija se potpuna definicija nalazi u zaglavlju `part.h`. Interfejs ove klase definisan je u sledećem fajlu:

```
// File: part.h

typedef unsigned long ClusterNo;
const unsigned long ClusterSize = 2048;

class Partition {
public:
    Partition(char *);

    virtual ClusterNo getNumOfClusters() const;

    virtual int readCluster(ClusterNo, char *buffer);
    virtual int writeCluster(ClusterNo, const char *buffer);

    virtual ~Partition();
private:
    PartitionImpl * myImpl;
};
```

## **Fajl sistem**

### ***Opis zadatka***

Potrebno je realizovati školski fajl sistem sa indeksiranom alokacijom klastera za fajlove. Indeksiranje se vrši u dva nivoa. U nastavku su data ograničenja koja određuju način smeštanja fajlova na disku i format ulaza korenog direktorijuma. Particija na kojoj je smešten ovakav fajl sistem ima sledeće sekcije:

- Bit vektor koji za svaki klaster na particiji ima po jedan bit koji označava da li je klaster slobodan (1) ili ne (0);
- Indeks korenog direktorijuma – sadrži indeks prvog nivoa korenog direktorijuma;

- Oblast za podatke i indekse – ovde se nalaze klasteri sa podacima i indeksima; klaster je osnovna i nedeljiva jedinica podataka za koju se na disku vodi evidencija; Svaki indeks je veličine jednog klastera. Svaki ulaz u indeksima prvog i drugog nivoa je širine 32 bita i predstavlja broj klastera sa podacima, odnosno sa indeksom drugog nivoa. Ukoliko se neki ulaz ne koristi, u njemu je zapisana vrednost 0 (bit vektor je zauzeo klaster 0 i zato se ne može pojaviti kao klaster koji sadrži podatke ili indeks nekog fajla).

Koreni direktorijum se na disku zapisuje na isti način kao fajl, s tim da se u oblasti za podatke nalazi niz ulaza koji opisuju sadržaj direktorijuma. Indeks prvog nivoa korenog direktorijuma je u prvom klasteru posle bit vektora. Svaki ulaz u direktorijumu zauzima 20 bajtova. U klaster treba smestiti ceo broj ulaza. Drugim rečima, jedan ulaz se nikad ne smešta jednim delom u jedan klaster i drugim delom u drugi klaster. Polja koja se nalaze u svakom ulazu i bajtovi koje zauzimaju su:

- 0x00, 8 bajtova – naziv ulaza; maksimalno osam znakova; dopunjeno razmacima sa kraja; posebne vrednosti prvog bajta:
  - 0x00 – slobodan ulaz za dalje korišćenje;
- 0x08, 3 bajta – ekstenzija; maksimalno tri karaktera; dopunjeno razmacima;
- 0x0b, 1 bajt – ne koristi se, upisati 0;
- 0x0c, 4 bajta – klaster koji sadrži indeks prvog nivoa za dati fajl; za prazne fajlove na ovu poziciju upisati 0;
- 0x10, 4 bajta – veličina fajla u bajtovima;
- 0x14, 12 bajtova – slobodno za korišćenje;

Brojevi podaci u ulazima korenog direktorijuma, kao i ulazi u bitvektoru i indeksima, smeštaju se po *little endian* formatu (niži bajt je smešten na nižoj adresi).

Slobodni ulazi posle kojih više nema zauzetih ulaza imaju vrednost nula u svih 32 bajtova.

### ***Opis funkcionalnosti fajl sistem***

Potrebno je realizovati klasu `FS` sa sledećim funkcionalnostima:

- montiranje particije u fajl sistem; ako postoji montirana particija, onaj ko pokušava montiranje se blokira sve dok se montirana particija ne demontira;
- demontiranje particije iz fajl sistema; onaj ko demontira particiju se blokira sve dok se ne zatvore svi fajlovi sa date particije;
- formatiranje montirane particije; potrebno je inicijalizovati bitvektor, kao i root direktorijum; nit koja formatira particiju blokira se sve dok se ne zatvore svi fajlovi sa date particije; nakon poziva ove operacije, a dok se dok se ne zatvore svi fajlovi, svaki naredni pokušaj otvaranja fajla na ovoj particiji rezultuje greškom;
- ispitivanje postojanja zadatog fajla; vraća: 0-ne postoji ili 1-postoji.
- čitanje sadržaja korenog direktorijuma (vraća -1 za neuspeh, a u suprotnom vraća broj fajlova u direktorijumu);
- brisanje zadatog fajla (zadaje se apsolutnom putanjom), pod uslovom da nije otvoren; vraća: 0-neuspeh ili 1-uspeh;
- otvaranje fajla sa zadatim nazivom (zadaje se apsolutnom putanjom); parametar operacije je informacija da li se želi kreirati zadati fajl i da li se briše stari fajl ukoliko je postojao; vraća: pokazivač na objekat otvorenog fajla ili null ako operacija otvaranja nije uspeła; ukoliko fajl trenutno ne može biti otvoren (npr. neko drugi ga je otvorio za upis) ali je izvesno da će to biti moguće (kada ga taj neko zatvori), operacija treba da blokira pozivajuću nit dok se ne steknu svi uslovi za bezbedno otvaranje fajla;

Putanje u ovom fajl sistemu se označavaju kao u operativnom sistemu Linux. Koreni direktorijum particije označen je sa "/". Putanja je uvek apsolutna.

### ***Fajl sistem na jeziku C++***

Potrebno je realizovati klasu FS čija je puna deklaracija data u zaglavlju "fs.h" i koja izgleda ovako:

```
// File: fs.h

typedef long FileCnt;
typedef unsigned long BytesCnt;

const unsigned int FNAMELEN=8;
const unsigned int FEXTLEN=3;

class KernelFS;
class Partition;
class File;
class FS {
public:

    ~FS ();

    static char mount(Partition* partition); //montira particiju
        // vraca 0 u slucaju neuspeha ili 1 u slucaju uspeha
    static char unmount(); //demontira particiju
        // vraca 0 u slucaju neuspeha ili 1 u slucaju uspeha
    static char format(); //formatira particiju;
        // vraca 0 u slucaju neuspeha ili 1 u slucaju uspeha

    static FileCnt readRootDir();
        // vraca -1 u slucaju neuspeha ili broj fajlova u slucaju uspeha

    static char doesExist(char* fname); //argument je naziv fajla sa
        //apsolutnom putanjom

    static File* open(char* fname, char mode);
    static char deleteFile(char* fname);

protected:
    FS ();
    static KernelFS *myImpl;
};
```

Pri otvaranju fajla navodi se modalitet koji može biti jedna od sledećih opcija:

- 'r' – fajl se otvara samo za čitanje; fajl mora postojati ili će biti prijavljena greška;
- 'w' – kreira se novi fajl; ukoliko postoji fajl sa istim nazivom, biće obrisan; fajl se otvara za upis i čitanje;
- 'a' – otvara se postojeći fajl za upis ili čitanje; kursor je pri otvaranju postavljen na kraj fajla; fajl mora postojati ili će biti prijavljena greška.

### ***Opis funkcionalnosti fajla***

Operacije koje treba obezbedi za rad sa fajlovima su:

- upis na tekuću poziciju u fajl zadatog broja bajtova sa zadate memorijske adrese; fajl se proširuje upisom na kraj fajla, ukoliko već nije dostignuta maksimalna veličina; po upisu, tekuća pozicija se pomera na kraj upisanog sadržaja; vraća: 0-neuspeh ili 1-uspeh;
- čitanje sa tekuće pozicije iz fajla zadatog broja bajtova na zadatu adresu u memoriji; po čitanju, tekuća pozicija se pomera na kraj pročitano sadržaja; na pozivaocu je odgovornost da obezbedi dovoljan prostor za smeštanje ovog niza znakova; vraća: 0-neuspeh (npr. ako je fajl zatvoren ili je pred početak čitanja tekuća pozicija bila na kraju fajla) i >0- broj pročitanih bajtova (može se desiti da je pročitano manje nego što je traženo jer se stiglo do kraja fajla);
- pomeranje tekuće pozicije u fajlu (binarni fajl, pozicija se računa po rednom broju bajta u fajlu); zadaje se nova apsolutna pozicija; vraća: 0-neuspeh ili 1-uspeh;
- dohvaćanje tekuće pozicije u fajlu;
- proveru da li je tekuća pozicija u fajlu kraj tog fajla; vraća: 0-nije, 1-greška i 2-jeste;
- dohvaćanje trenutne veličine fajla u bajtovima;
- brisanje dela fajla od tekuće pozicije do kraja; vraća: 0-neuspeh ili 1-uspeh;
- zatvaranje fajla, čime se fajl oslobađa za korišćenje od strane drugih niti; korisnik je obavezan da zatvori svaki otvoreni fajl; nakon zatvaranja fajla, sve ostale operacije su neuspešne.

Za svaki fajl je dozvoljeno alocirati samo onoliko klastera kolika je trenutna stvarna potreba u skladu sa trenutnom veličinom fajla. Prilikom brisanja fajla neophodno je osloboditi sve klastere koji ne predstavljaju stvarnu potrebu.



### ***Fajl na jeziku C++***

Fajl treba realizovati kao klasu čije metode pružaju korisniku usluge koje fajl sistem treba da obezbedi za rad nad fajlovima. Kompletne deklaracije klase `File` je zadane u zaglavlju `file.h`, i izgleda ovako:

```
// File: file.h
class KernelFile;
class File {
public:
    ~File(); //zatvaranje fajla
    char write (BytesCnt, char* buffer);
    BytesCnt read (BytesCnt, char* buffer);
    char seek (BytesCnt);
    BytesCnt filePos();
    char eof ();
    BytesCnt getFileSize ();
    char truncate ();

private:
    friend class FS;
    friend class KernelFS;
    File (); //objekat fajla se može kreirati samo otvaranjem
    KernelFile *myImpl;
};
```

Klasa `KernelFile` i podatak-član `myImpl` imaju isti smisao kao i kod niti, semafora i događaja iz projekta iz OS1.

## **Testovi**

### ***Javni testovi***

Javni test-program služi da pomogne studentima da istestiraju svoj projekat. Ovi testovi neće obavezno pokriti sve funkcionalnosti koje projekat treba da ima, ali će istestirati većinu tih funkcionalnosti. Da bi se projekat uopšte odbranio, neophodno je da projekat sa javnim testom radi u potpunosti ispravno. Studentima se preporučuje da pored javnog testa naprave i svoje testove koji će im pomoći da što bolje istestiraju svoj projekat.

### ***Tajni testovi***

Tajni testovi detaljnije testiraju sve zahtevane funkcionalnosti u različitim regularnim i neregularnim situacijama (greške u pozivu ili radu uređaja), i nisu unapred dostupni studentima.

### ***Testovi performansi***

Testovi performansi mere vreme izvršavanja pojedinačnih operacija. Ovi testovi nisu obavezni, i mogu, ali ne moraju, doneti dodatne bodove u prvom ispitnom roku posle nastave za do 10 najboljih radova odbranih pre roka. Dozvoljeno je raditi optimizacije koje će poboljšati performanse, ali koje ne krše postavljene zahteve, osim broja nivoa indeksiranja (nije dozvoljeno da maksimalna veličina fajla bude manja od maksimalne veličine u postavci). Biće vršena merenja performansi na primerima sa različitim lokalnostima pristupa fajlovima, sa velikim brojem malih fajlova i pristupanje velikim fajlovima. Smatrati da je veličina operativne memorije na raspolaganju deset puta manja od veličine diska.

---

## Zaključak

---

Potrebno je realizovati opisane podsisteme prema datim zahtevima na jeziku C++. Kao integrisano okruženje za razvoj programa (engl. *integrated development environment*, IDE) zahteva se Microsoft Visual Studio radi obezbeđenja kompatibilnosti sa testovima (izvršni kod prevesti pod opcijom Debug Win32). Testiranje se vrši u laboratorijama katedre na računarima pod operativnim sistemom Windows 10 x64.

### Pravila za predaju projekta

Projekat se predaje isključivo kao jedna zip arhiva. Sadržaj arhive podeliti u dva foldera: *src* i *h*. U prvom folderu (*src*) treba da budu smešteni svi *.cpp* fajlovi koji su rezultat izrade projekta, a u drugom folderu (*h*) treba da budu svi *.h* fajlovi koji su rezultat izrade projekta. Opisani sadržaj ujedno treba da bude i jedini sadržaj arhive (arhiva ne sme sadržati ni izvršne fajlove, ni biblioteke, ni *.cpp* i *.h* fajlove koji predstavljaju bilo kakve testove, niti bilo šta što iznad nije opisano). Projekat je moguće upload-ovati više puta, ali do trenutka koji će preko e-mail liste biti objavljen za svaki ispitni rok i koji će uvek biti pre ispita. Na serveru uvek ostaje samo poslednja predana verzija i ona će se koristiti na odbrani. Za izlazak na ispit neophodno je predati projekat (prijava ispita i položeni kolokvijumi su takođe preduslovi za izlazak na ispit). Nakon isteka roka za predaju projektni zadaci se brišu sa servera, pa u slučaju ponovnog izlaska na ispit potrebno je ponovo postaviti ažurnu verziju projektnog zadatka.

Sajt za predaju projekta je [https://rti.etf.bg.ac.rs/domaci/index.php?servis=os2\\_projekat](https://rti.etf.bg.ac.rs/domaci/index.php?servis=os2_projekat)

---

# Zapisnik revizija

---

Ovaj zapisnik sadrži spisak izmena i dopuna ovog dokumenta po verzijama.

## Verzija 1.0

Strana	Izmena