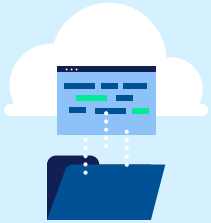
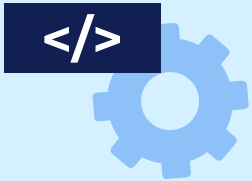
UNIVERZITET U BEOGRADU
ELEKTROTEHNIČKI
FAKULTET

TESTIRANJE NA OSNOVU MODELA STANJA

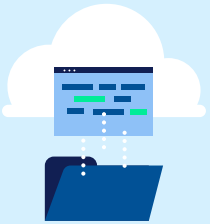


TESTIRANJE SOFTVERA



01

MODEL STANJA



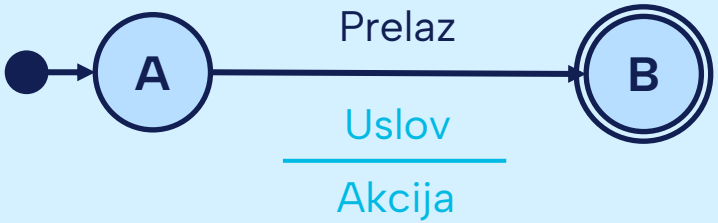
TESTIRANJE NA OSNOVU MODELA STANJA

- Testiranje na osnovu modela stanja podrazumeva da se rad sistema opiše apstraktnim **modelom stanja** (konačnim automatom).
- Tehnika je efikasna samo za softver čije se ponašanje može predstaviti nekim konačnim automatom.
- U konačnim automatima su definisana stanja sistema i prelazi koji predstavljaju prelazak između stanja sistema.
- Konačni automat se može predstaviti koristeći:
  - Graf prelaza
  - Tabelu prelaza



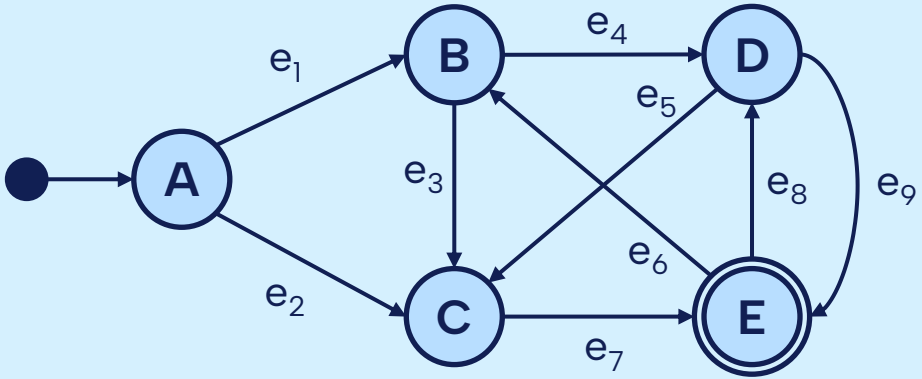
KONAČNI AUTOMATI

- Osnovni model konačnog automata sadrži:
  - Stanja – Stanja u kojima sistem može da se nađe.
  - Prelaze – Događaje koji uzrokuju prelaz u novo stanje.
  - Početno stanje – Stanje u kojem se sistem nalazi po inicijalizaciji.
  - Stanja prihvatanja – Stanja u kojima sistem može da se nađe na kraju rada.
- Prošireni model konačnog automata dodatno podržava:
  - Uslove – Uslove pod kojim je moguće izvršiti prelaz.
  - Akcije – Posledice izvršavanja prelaza.



POSTUPAK TESTIRANJA

- Jedan test primer predstavlja jednu putanju kroz graf stanja, odnosno skup stanja i prelaza na putanji od početnog do krajnjeg čvora.
- Test primer mora da počne u početnom stanju grafa i da se završi u nekom od stanja prihvatanja. Ako stanja prihvatanja nisu definisana, test se može završiti u bilo kom stanju.
- Primer: A-e_1-B-e_3-C-e_7-E-e_6-B-e_4-D-e_9-E

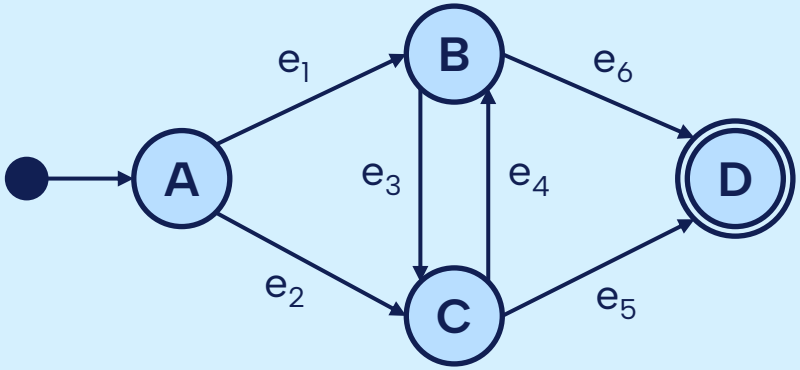


KRITERIJUMI TESTIRANJA

- Kriterijumi testiranja kod modela stanja definišu kakve putanje moraju da se nađu u test primerima, kako bi se testiranje smatralo kompletnim:
  - **Pokrivenost stanja** (engl. *vertex coverage*)
    - Svako stanje mora da se nađe u bar jednom test primeru.
  - **Pokrivenost prelaza** (engl. *edge coverage*)
    - Svaki prelaz mora da se nađe u bar jednom test primeru.
  - **Pokrivenost parova prelaza** (pokrivenost izmena, engl. *edge-pair coverage*)
    - Svaki par uzastopnih prelaza mora da se nađe u bar jednom test primeru.
  - **Pokrivenost N izmena** (engl. *N-switch coverage*)
    - Svakih N+1 uzastopnih prelaza mora da se nađe u bar jednom test primeru.
  - **Pokrivenost svih putanja** (engl. *complete path coverage*)
    - Svaka moguća putanja mora da se nađe u bar jednom test primeru.

KRITERIJUMI TESTIRANJA

PRIMER

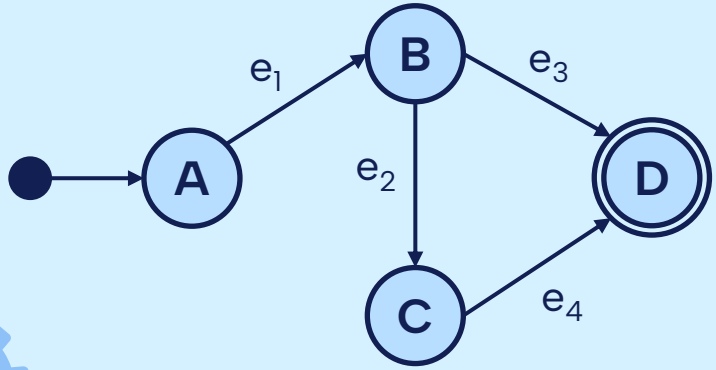


Parovi prelaza:
e_1e_3, e_1e_6, e_2e_4, e_2e_5,
e_3e_4, e_3e_5, e_4e_3, e_4e_6

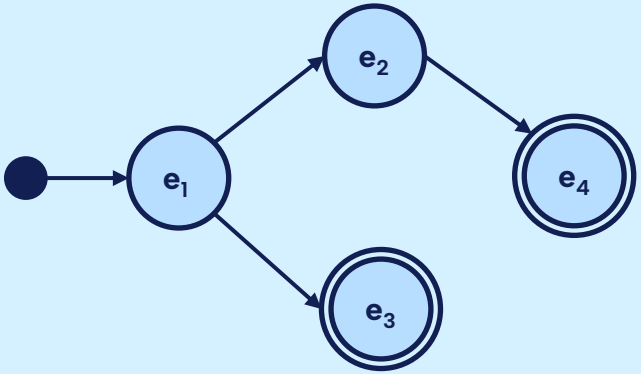
- Pokrivenost stanja
  - TP1: **A**–e_1–**B**–e_3–**C**–e_5–**D**
- Pokrivenost prelaza
  - TP1: A–**e_1**–B–**e_3**–C–**e_5**–D
  - TP2: A–**e_2**–C–**e_4**–B–**e_6**–D
- Pokrivenost parova prelaza
  - TP1: A–**e_1**–B–**e_3**–C–**e_4**–B–**e_3**–C–**e_5**–D
  - TP2: A–**e_2**–C–**e_4**–B–**e_6**–D
  - TP3: A–**e_1**–B–**e_6**–D
  - TP4: A–**e_2**–C–**e_5**–D

ODMOTAVANJE GRAFA

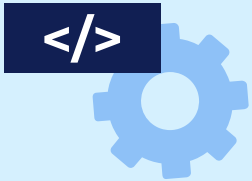
- Odmotavanje grafa je transformacija originalnog grafa stanja tako da nova stanja postaju sve grane iz originalnog grafa, a nove grane su dozvoljeni uzastopni prelazi iz tog grafa.
- Pokrivanjem svih grana odmotanog grafa pokrivaju se i svi parovi prelaza originalnog grafa.



Originalni graf

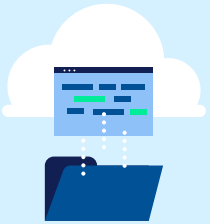


Odmotani graf



02

ZADACI



ZADATAK 1 – PLANINARSKI SAT

POSTAVKA (1)

- Grupa prijatelja ide na planinarenje na Rtanj i svako od njih nosi planinarski sat. Planinarski sat može da radi u režimu za standardno vreme i u režimu altimetra (za merenje nadmorske visine). Podrazumevani režim je za standardno vreme. Ovaj model planinarskog sata ima dva dugmeta označena sa *Mode* i *Set*.
- U režimu standardnog vremena, pritiskom na dugme *Mode*, sat se prebacuje na režim altimetra, dok se ponovnim pritiskom na dugme *Mode* sat vraća u režim prikaza standardnog vremena.
- Kada je sat u režimu za standardno vreme, pritiskom na dugme *Set* on prelazi u režim za podešavanje časova, odakle se broj časova može povećavati pritiskom na dugme *Set*. Ako se pritisne dugme *Mode* dok je sat u režimu podešavanja časova, sat prelazi u režim podešavanja minuta. Ako se pritisne dugme *Set* dok je sat u režimu podešavanja minuta, broj minuta se povećava, a ako se u ovom režimu pritisne dugme *Mode*, sat se vraća u režim prikaza standardnog vremena.

ZADATAK 1 – PLANINARSKI SAT

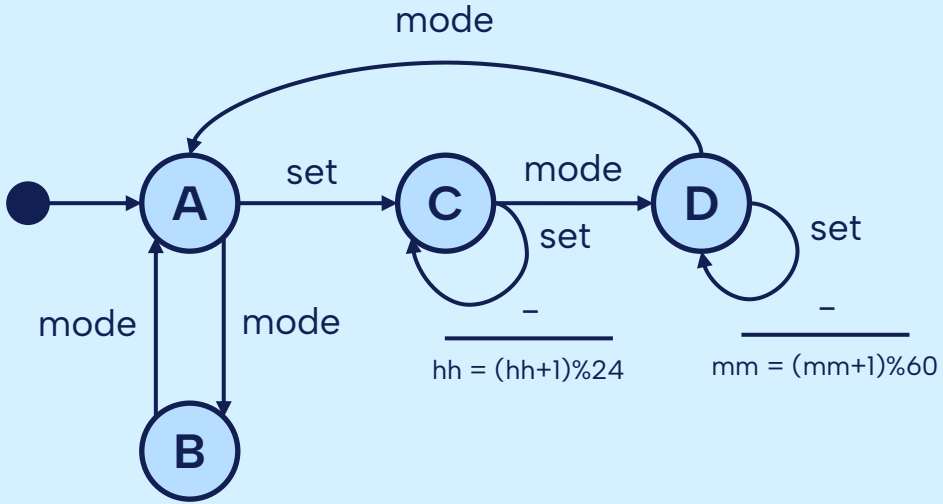
POSTAVKA (2)

1. Na osnovu date specifikacije, konstruisati konačni automat u vidu grafa koji modeluje rad planinarskog sata.
2. Odrediti putanje (sekvence stanja i prelaza) koje treba pokriti u grafu kako bi bio zadovoljen kriterijum testiranja za **pokrivenost prelaza**.
3. Odrediti putanje (sekvence stanja i prelaza) koje treba pokriti u grafu kako bi bio zadovoljen kriterijum testiranja za **pokrivenost parova prelaza**.
4. Napisati test primere kojim se pokrivaju putanje iz tačke 3. Stanje planinarskog sata je definisano režimom u kom se sat nalazi i podacima koje sat prikazuje u tom režimu (sati i minuti u slučaju standardnog vremena, nadmorska visina u slučaju altimetra).
5. Navesti nelegalne prelaze u grafu stanja.

ZADATAK 1 – PLANINARSKI SAT

REŠENJE – KONAČNI AUTOMAT

- Stanja automata:
  - A – Režim za standardno vreme
  - B – Režim za altimetar
  - C – Režim za podešavanje časova
  - D – Režim za podešavanje minuta

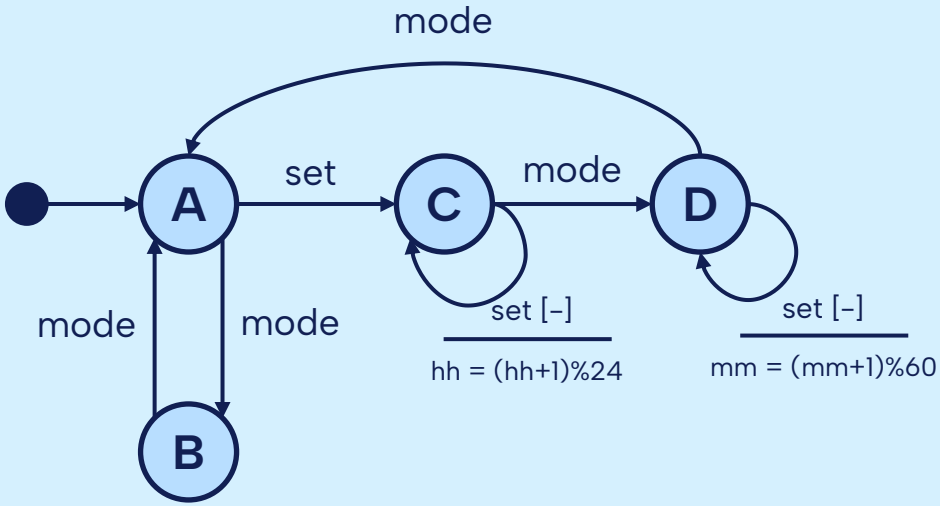


ZADATAK 1 – PLANINARSKI SAT

REŠENJE – POKRIVENOST PRELAZA

- Prelazi:
  - A set
  - A mode
  - B mode
  - C set
  - C mode
  - D set
  - D mode

- Putanje:
  - **P1:** A mode B mode A set C set C mode D set D mode A

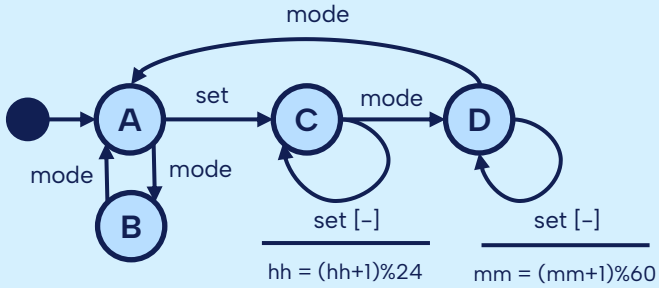


ZADATAK 1 – PLANINARSKI SAT

REŠENJE – POKRIVENOST PAROVA PRELAZA

- Parovi prelaza:
  - A set, C set
  - A set, C mode
  - A mode, B mode
  - B mode, A set
  - B mode, A mode
  - C set, C set
  - C set, C mode
  - C mode, D set
  - C mode, D mode
  - D set, D set
  - D set, D mode
  - D mode, A set
  - D mode, A mode

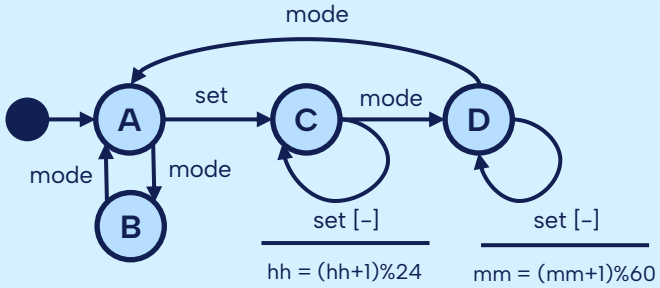
- Putanje:
  - **P1:** A mode B mode A mode B mode A set C set C set C mode D set D set D mode A mode
  - **P2:** A set C mode D mode A set C mode D mode



ZADATAK 1 – PLANINARSKI SAT

REŠENJE – TEST PRIMERI

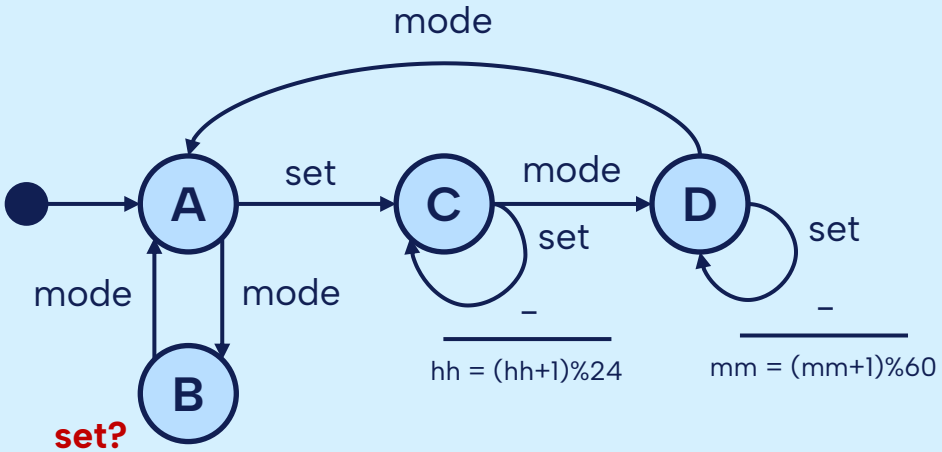
TP	Početno stanje	Sekvenca događaja	Očekivano završno stanje
1	Režim za standardno vreme Vreme: 15:27	mode, mode, mode, mode, set, set, set, mode, set, set, mode, mode, mode	Režim za standardno vreme Vreme: 17:29
2	Režim za standardno vreme Vreme: 08:21	set, mode, mode, set, mode, mode	Režim za standardno vreme Vreme: 08:21



ZADATAK 1 – PLANINARSKI SAT

REŠENJE – NELEGALNI PRELAZI

- Nelegalni prelazi su oni prelazi za koje nije definisano ponašanje u specifikaciji.
- U specifikaciji nije definisano šta se dešava kada se pritisne dugme *Set* dok se sat nalazi u režimu za altimetar. Dakle, jedini nelegalni prelaz je **(B, set)**.



ZADATAK 2 – REZERVACIJE SALA

POSTAVKA (1)

- Posmatra se veb aplikacija koja omogućava rezervaciju sala za održavanje laboratorijskih vežbi na ETF-u. Na početnoj stranici korisnik može da započne proces rezervacije klikom na dugme „Rezervacija“, nakon čega se prikazuje forma za unos podataka o rezervaciji. Korisnik unosi salu koju želi da rezerviše, kao i termin rezervacije i potvrđuje rezervaciju klikom na dugme „Potvrdi“. Ukoliko su svi podaci ispravni, sistem potvrđuje rezervaciju i prikazuje odgovarajuću poruku. Nakon toga korisnik može da se vrati na početnu stranicu aplikacije.
- Ukoliko korisnik potvrdi rezervaciju sa neispravnim ili nepotpunim podacima, sistem prikazuje poruku o grešci. Korisnik se vraća na formu sa podacima pritiskom na dugme „Izmeni“ kako bi mogao da ispravi podatke i ponovo pokuša da potvrdi rezervaciju.
- Korisnik može da odustane od procesa rezervacije dok je forma za rezervaciju prikazana, izlaskom iz forme, nakon čega će biti vraćen na početnu stranicu. Korisnik se na kraju rada mora vratiti na početnu stranicu aplikacije.

ZADATAK 2 – REZERVACIJE SALA

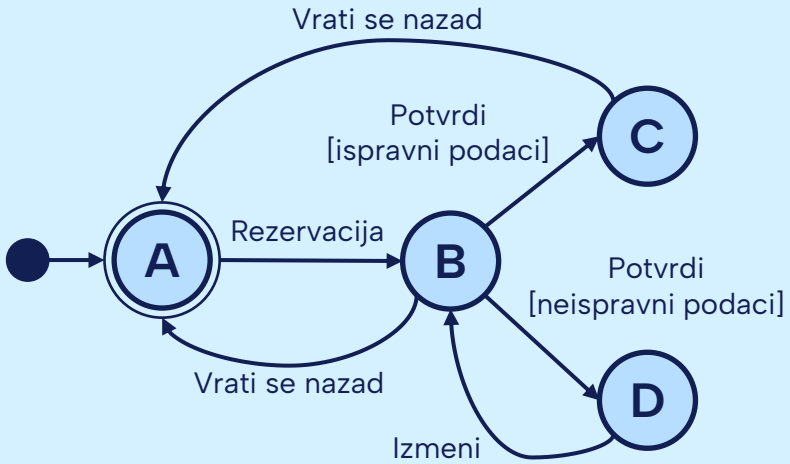
POSTAVKA (2)

1. Na osnovu date specifikacije, konstruisati konačni automat u vidu grafa koji modeluje rad aplikacije za rezervaciju sala.
2. Navesti sve moguće parove prelaza u grafu.
3. Izvršiti odmotavanje originalnog grafa i naznačiti nova stanja i prelaze.
4. Odrediti putanje koje treba pokriti **u odmotanom grafu** kako bi bili pokriveni svi prelazi u njemu.
5. Objasniti kako se odmotani graf može iskoristiti za pokrivanje svih parova prelaza u originalnom grafu. Na osnovu odmotanog grafa, napisati skup test primera kojim se pokrivaju svi parovi prelaza u originalnom grafu. Test primeri treba da sadrže sekvence koraka koje se izvršavaju u sistemu prilikom njihovog izvršavanja.
6. Konvertovati originalni graf prelaza u tabelu prelaza i identifikovati nelegalne prelaze. Dopuniti originalni graf nelegalnim prelazima koristeći *catch-all* mehanizam.

ZADATAK 2 – REZERVACIJE SALA

REŠENJE – KONAČNI AUTOMAT

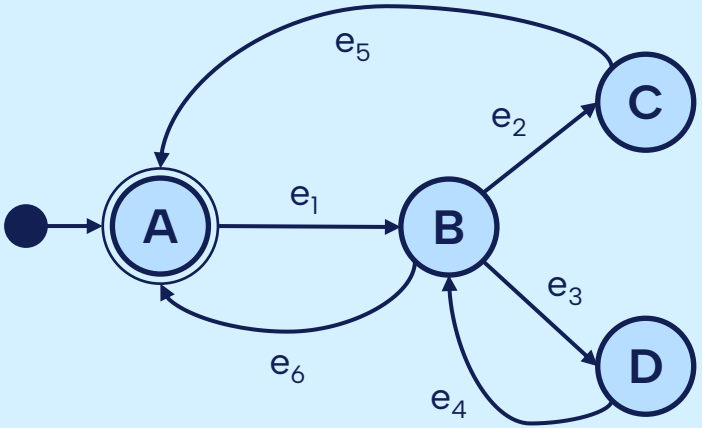
- Stanja:
  - A – Početni ekran aplikacije
  - B – Otvorena forma za rezervaciju
  - C – Potvrđena rezervacija
  - D – Greška pri rezervaciji
- Prelazi:
  - e_1 – Rezervacija
  - e_2 – Potvrda sa ispravnim podacima
  - e_3 – Potvrda sa neispravnim podacima
  - e_4 – Izmeni
  - e_5 – Vrati se nazad
  - e_6 – Vrati se nazad



ZADATAK 2 – REZERVACIJE SALA

REŠENJE – PAROVI PRELAZA

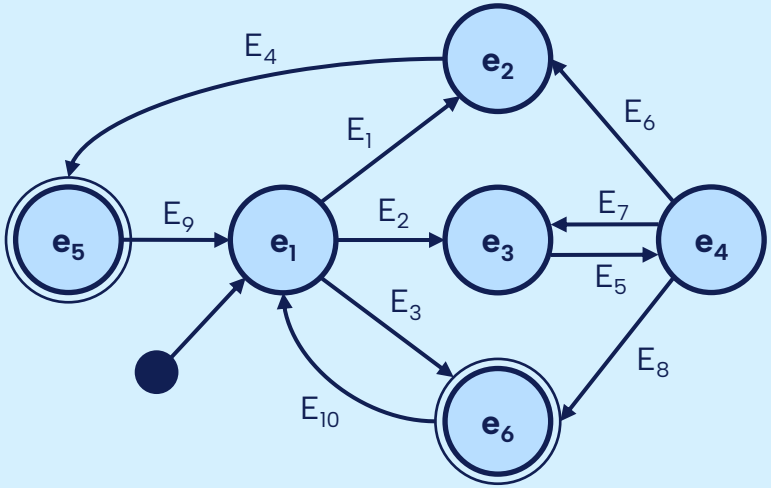
- Parovi prelaza:
  - e_1e_2
  - e_1e_3
  - e_1e_6
  - e_2e_5
  - e_3e_4
  - e_4e_2
  - e_4e_3
  - e_4e_6
  - e_5e_1
  - e_6e_1



ZADATAK 2 – REZERVACIJE SALA

REŠENJE – ODMOTAVANJE GRAFA

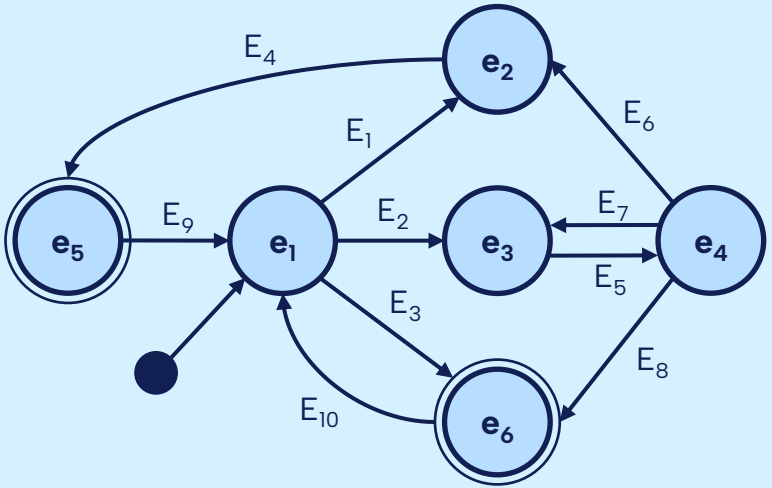
- Parovi prelaza:
  - E_1: e_1e_2
  - E_2: e_1e_3
  - E_3: e_1e_6
  - E_4: e_2e_5
  - E_5: e_3e_4
  - E_6: e_4e_2
  - E_7: e_4e_3
  - E_8: e_4e_6
  - E_9: e_5e_1
  - E_{10}: e_6e_1



ZADATAK 2 – REZERVACIJE SALA

REŠENJE – PUTANJE U ODMOTANOM GRAFU (1)

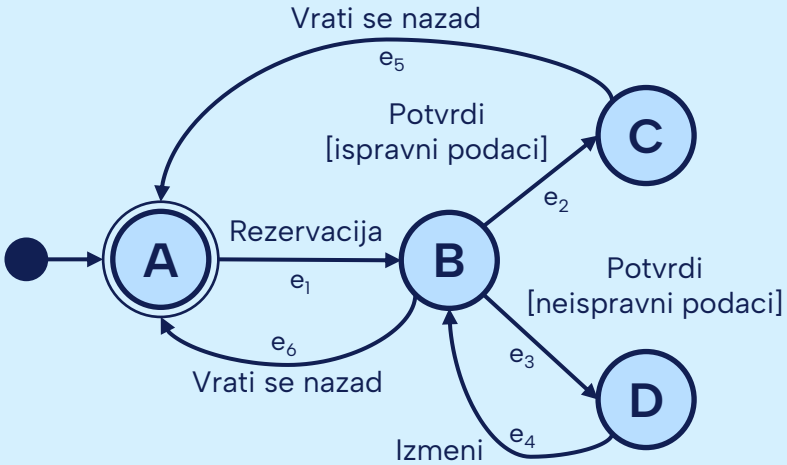
- Putanje u odmotanom grafu:
  - **P1**: e_1-e_2-e_5-e_1-e_3-e_4-e_3-e_4-e_6 (odnosno E_1-E_4-E_9-E_2-E_5-E_7-E_5-E_8)
  - **P2**: e_1-e_6-e_1-e_3-e_4-e_2-e_5 (odnosno E_3-E_{10}-E_2-E_5-E_6-E_4)



ZADATAK 2 – REZERVACIJE SALA

REŠENJE – TEST PRIMERI (1)

- **TP1** po koracima (odgovara putanji **P1**):
  1. Otvara se forma za rezervaciju.
  2. Unose se ispravni podaci i potvrđuje se forma.
  3. Vraća se nazad na početnu stranu.
  4. Otvara se forma za rezervaciju.
  5. Unose se neispravni podaci i potvrđuje se forma.
  6. Ide se na izmenu podataka.
  7. Unose se neispravni podaci i potvrđuje se forma.
  8. Ide se na izmenu podataka.
  9. Vraća se nazad na početnu stranu.

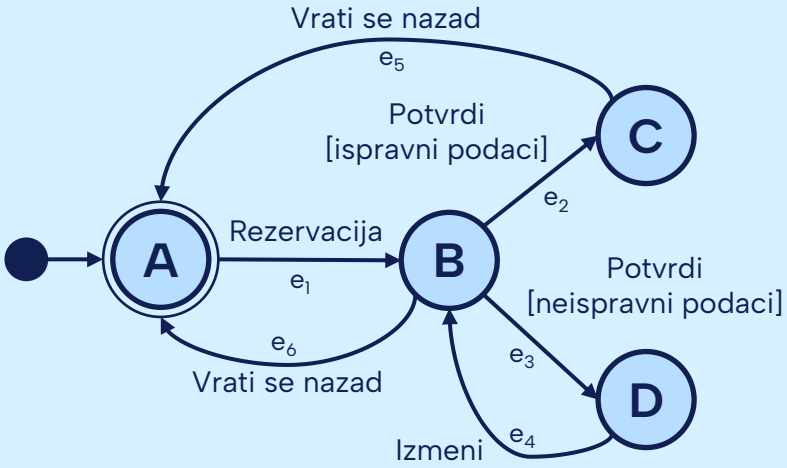


P1: e_1–e_2–e_5–e_1–e_3–e_4–e_3–e_4–e_6

ZADATAK 2 – REZERVACIJE SALA

REŠENJE – TEST PRIMERI (2)

- **TP2** po koracima (odgovara putanji **P2**):
  1. Otvara se forma za rezervaciju.
  2. Vraća se nazad na početnu stranu.
  3. Otvara se forma za rezervaciju.
  4. Unose se neispravni podaci i potvrđuje se forma.
  5. Ide se na izmenu podataka.
  6. Unose se ispravni podaci i potvrđuje se forma.
  7. Vraća se nazad na početnu stranu.

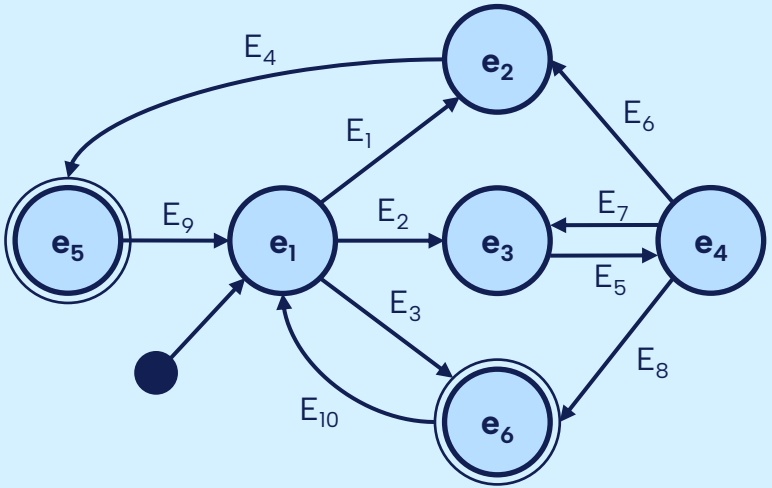


P2: e_1–e_6–e_1–e_3–e_4–e_2–e_5

ZADATAK 2 – REZERVACIJE SALA

REŠENJE – TEST PRIMERI (3)

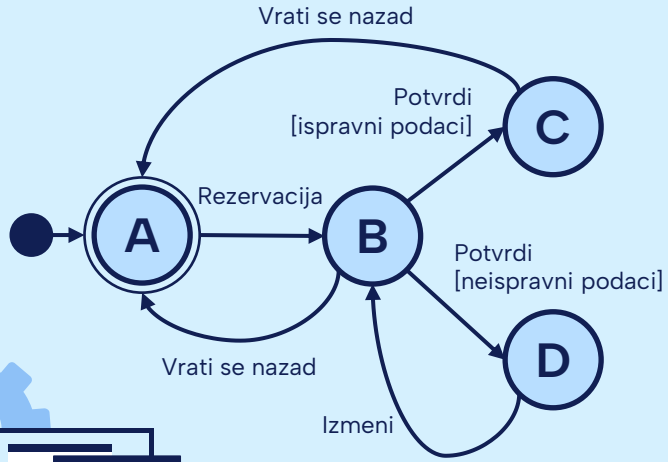
- Da li može samo jednom putanjom sve da se obuhvati?
  - **P1**: e_1–e_2–e_5–e_1–e_3–e_4–e_3–e_4–e_2–e_5–e_1–e_3–e_4–e_6–e_1–e_6
    (E_1–E_4–E_9–E_2–E_5–E_7–E_5–E_6–E_4–E_9–E_2–E_5–E_8–E_{10}–E_3)



ZADATAK 2 – REZERVACIJE SALA

REŠENJE – TABELA PRELAZA

- U tabeli prelaza redovi označavaju stanja, a kolone prelaze. Polje u preseku neke vrste i kolone označava novo stanje u koje se prelazi iz stanja određenog redom, a za dati prelaz.



Stanje / Prelaz	Rezervacija	Potvrdi [Ispravno]	Potvrdi [Neispravno]	Izmeni	Vrati se nazad
A	B	–	–	–	–
B	–	C	D	–	A
C	–	–	–	–	A
D	–	–	–	B	–

ZADATAK 2 – REZERVACIJE SALA

REŠENJE – NELEGALNI PRELAZI (1)

- Sva polja u tabeli prelaza koja su prazna označavaju nelegalne kombinacije stanja i prelaza.
- U datoj tabeli ima 14 praznih polja, odnosno postoji 14 nelegalnih prelaza u automatu.

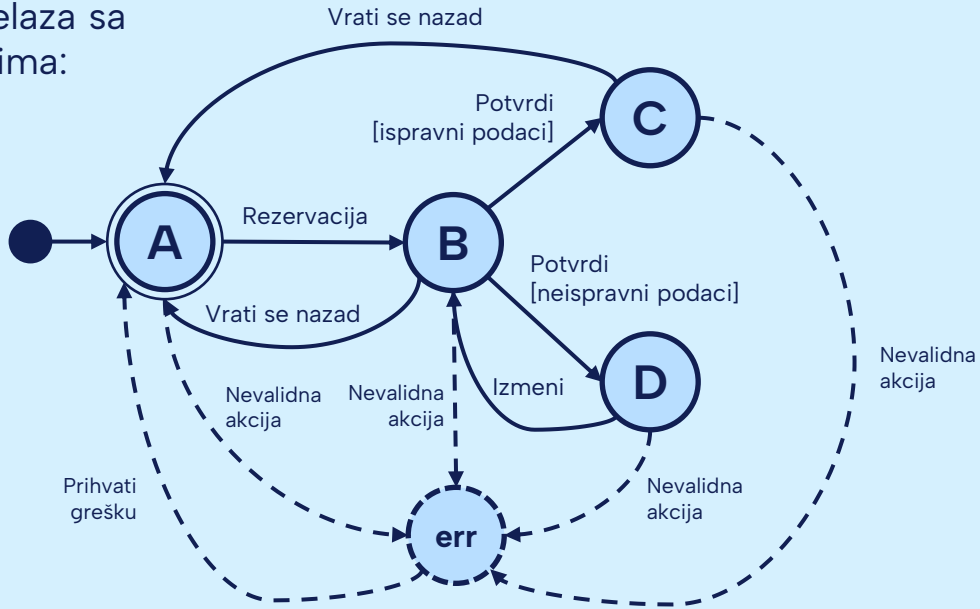
Stanje / Prelaz	Rezervacija	Potvrdi [Ispravno]	Potvrdi [Neispravno]	Izmeni	Vrati se nazad
A	B	–	–	–	–
B	–	C	D	–	A
C	–	–	–	–	A
D	–	–	–	B	–

- Mehanizam *catch-all* podrazumeva uvođenje univerzalnog stanja greške, tako da iz svakog stanja iz kog postoji neki nelegalni prelaz postoji grana ka tom stanju greške.
- Iz datog stanja greške treba da postoji jedan prelaz ka nekom regularnom stanju, a taj prelaz podrazumeva vraćanje sistema u početno stanje.

ZADATAK 2 – REZERVACIJE SALA

REŠENJE – NELEGALNI PRELAZI (2)

- Dopunjen graf prelaza sa nelegalnim prelazima:

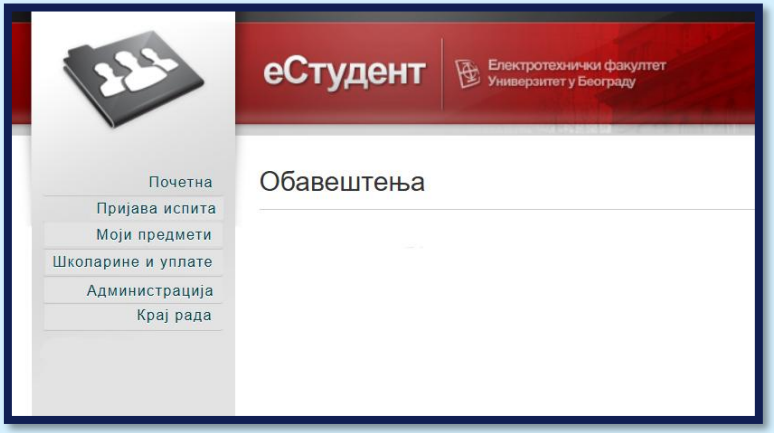


ZADATAK 3 – eSTUDENT

POSTAVKA (1)

- Posmatra se deo studentskog servisa eStudent. Da bi se student ulogovao na sistem i mogao da izvrši određene funkcionalnosti, mora imati nalog (korisničko ime i lozinku). Ukoliko unese ispravno korisničko ime i lozinku, student se uspešno prijavljuje na sistem i prikazuje mu se početna stranica sa obaveštenjima. U slučaju da unese pogrešno korisničko ime ili pogrešnu lozinku, student ostaje na stranici za prijavljivanje.

- Na početnoj stranici, student vidi meni sa pet opcija: „Prijava ispita“, „Moji predmeti“, „Školarine i uplate“, „Administracija“ i „Kraj rada“. Kada je na početnoj stranici, student može preći na neku od tih stranica odabirom odgovarajuće opcije u meniju.



ZADATAK 3 – eSTUDENT

POSTAVKA (2)

- Stranica „Prijava ispita“ sadrži spisak svih predmeta koje je student slušao i nije položio. Klikom na određeni predmet, student može da prijavi ispit i ukoliko to uspešno uradi, može da nastavi rad na istoj stranici, prijavom drugih predmeta. Ukoliko ne može da prijavi, to znači da je prekoračio limit u broju prijava. Prve tri prijave ispita nekog predmeta su besplatne, a ukoliko se ispit prijavljuje više od tri puta, tada student mora da uplati prijavu ispita, tako što će ga sistem prebaciti na stranicu „Školarine i uplate“. Takođe, ukoliko student pokuša da prijavi ispit, a prijava ispita nije u toku, dobiće obaveštenje o grešci „Prijava ispita nije u toku.“ i biće vraćen na početnu stranicu sa obaveštenjima.
- Stranica „Moji predmeti“ sadrži spisak svih predmeta koje student trenutno sluša i koje je slušao, bez obzira da li ih je položio ili nije. Kod onih predmeta koje je položio prikazuje se i ocena pored informacija o tom predmetu. Sa ove stranice, ukoliko traje prijava predmeta na početku semestra, student može da ide na stranicu „Biranje predmeta“. Tada on označava predmete koje može izabrati i vraća se na stranicu „Moji predmeti“.

ZADATAK 3 – eSTUDENT

POSTAVKA (3)

- Stranica „Školarine i uplate“ daje pregled uplaćenih školarina i uplata ispita. Student na ovoj stranici može sa svog bankovnog računa da prebaci novac fakultetu ili za školarinu ili za uplatu ispita. Školarina se može uplatiti direktno sa ove stranice, a ispit ne može, već se mora prvo odabrati koji ispit student želi da prijavi sa stranice „Prijava ispita“. Uplate je moguće izvršiti samo ukoliko postoji dovoljno novca na računu. Ukoliko nema dovoljno novca, izvršavanje akcije se obustavlja i vraća se na početni ekran sa porukom o grešci „Nema dovoljno novca na računu.“.
- Stranica „Administracija“ ima 2 opcije: „Promena lozinke“ i „Prijava na mejling listu“. Na ekranu „Promena lozinke“ student unosi novu lozinku i potvrđuje je. Ukoliko lozinka nema minimalno pet alfabetskih karaktera i tri cifre ili je ista kao prethodna lozinka, onda lozinka neće biti promenjena i korisnik se vraća na stranicu „Administracija“. Ukoliko je uspešno uneta nova lozinka, korisnik se vraća na početnu stranicu uz poruku „Nova lozinka je postavljena uspešno.“. Opcijom „Prijava na mejling listu“ student može da se za predmete koje sluša prijavi na mejling listu, pri čemu se šalje zahtev predmetnom nastavniku (i čeka se na odobrenje).

ZADATAK 3 – eSTUDENT

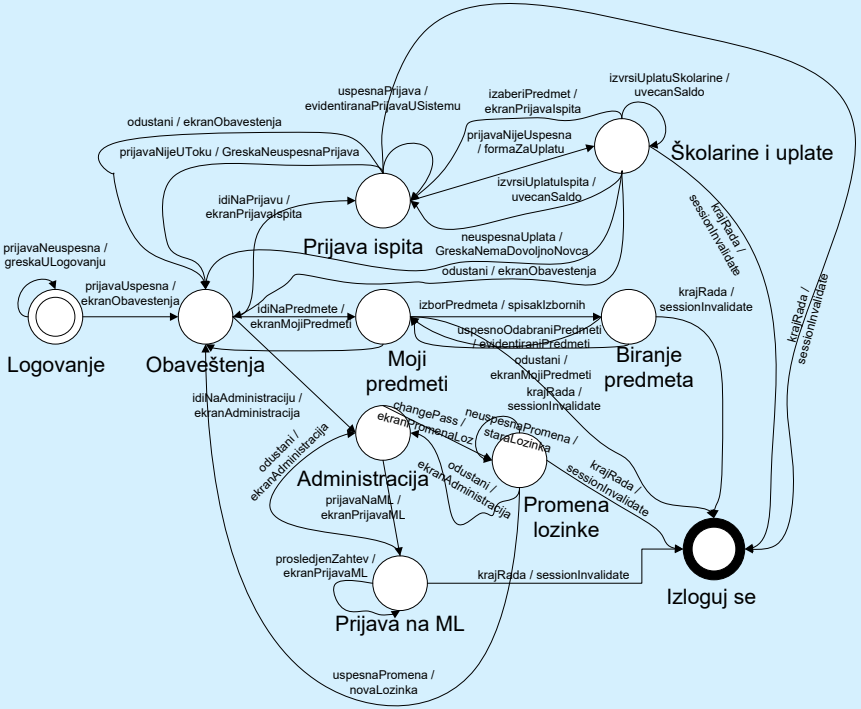
POSTAVKA (4)

- Sa bilo koje stranice ukoliko student odluči da ide korak nazad, vraća se u roditeljsku stranicu (u hijerarhiji je 1. nivo stranica za prijavljivanje, 2. nivo početna stranica sa obaveštenjima, 3. nivo su stranice do kojih se dolazi iz menija, 4. nivo su podopcije tih stranica). Takođe, u bilo kom trenutku korisnik može da se odluči za kraj rada u sistemu opcijom „Kraj rada“, kada se trenutna sesija sa serverom prekida, a student se upućuje na završnu stranicu na kojoj je odjavljen. Stavke glavnog menija korisnik vidi samo sa početne stranice sa obaveštenjima, odnosno te stranice nisu uvezane sa svim stranicama sistema.

1. Na osnovu date specifikacije, konstruisati konačni automat u vidu grafa koji modeluje rad ovog studentskog servisa. Smatrati da su akcije prilikom prelaza iz jednog stanja u drugo odgovori sistema na korisničke akcije.
2. Navesti sve prelaze u konstruisanom grafu.
3. Navesti sve parove prelaza u konstruisanom grafu.

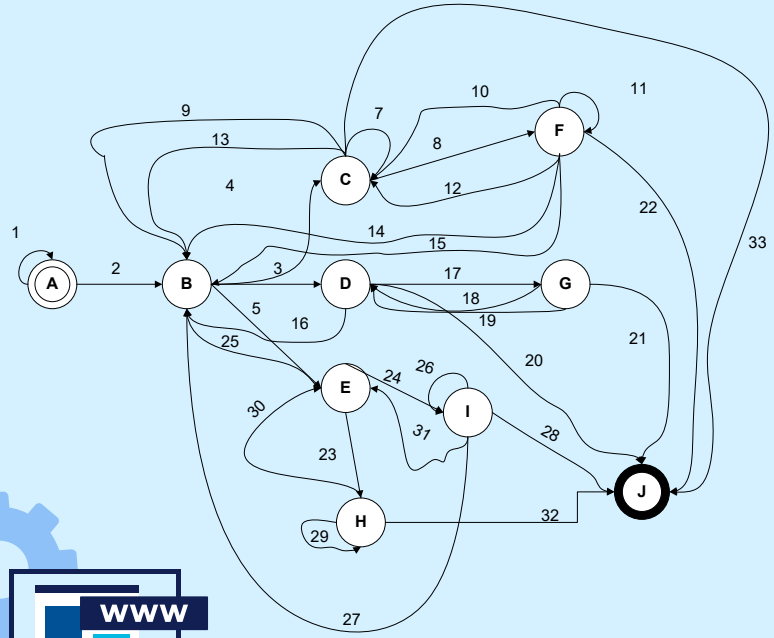
ZADATAK 3 – eSTUDENT

REŠENJE – KONAČNI AUTOMAT



ZADATAK 3 – eSTUDENT

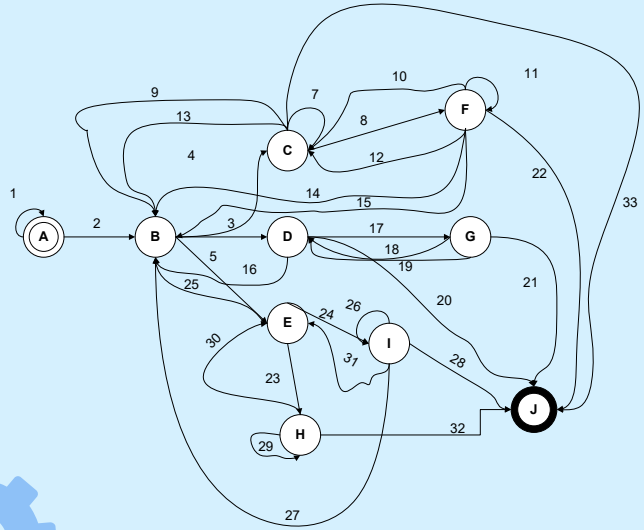
REŠENJE – PRELAZI



Prelazi	
A	A1, A2
B	B3, B4, B5, B6
C	C7, C8, C9, C13, C33
D	D16, D17, D20
E	E23, E24, E25
F	F10, F11, F12, F14, F15, F22
G	G18, G19, G21
H	H29, H30, H32
I	I26, I27, I28, I31
J	-

ZADATAK 3 – eSTUDENT

REŠENJE – PAROVI PRELAZA



Parovi prelaza	
A	A1-A2, A2-B2, A2-B3, A2-B5, A2-B6
B	B3-D16, B3-D17, B3-D20, B4-C7, B4-C8, B4-C9, B4-C13, B4-C33, B5-E24, B5-E24, B5-E25
C	C7-C7, C7-C8, C7-C9, C7-C13, C7-C33, C8-F10, C8-F11, C8-F12, C8-F14, C8-F15, C8-F22, C9-B3, C9-B4, C9-B5, C9-B6, C13-B3, C13-B4, C13-B5, C13-B6
D	D16-B3, D16-B4, D16-B5, D16-B6, D17-G18, D17-G19, D17-G21
E	E23-H29, E23-H30, E23-H32, E24-I26, E24-I27, E24-I28, E24-I31, E25-B3, E25-B4, E25-B5, E25-B6
F	F10-C7, F10-C8, F10-C9, F10-C13, F10-C33, F11-F10, F11-F11, F11-F12, F11-F14, F11-F15, F11-F22, F12-C7, F12-C8, F12-C9, F12-C13, F12-C33, F14-B3, F14-B4, F14-B5, F14-B6, F15-B3, F15-B4, F15-B5, F15-B6
G	G18-D16, G18-D17, G18-D20, G19-D16, G19-D17, G19-D20
H	H29-H29, H29-H30, H29-H32, H30-E23, H30-E24, H30-E25
I	I26-I26, I26-I27, I26-I28, I26-I31, I27-B3, I27-B4, I27-B5, I27-B6, I31-E23, I31-E24, I31-E25
J	-

UNIVERZITET U BEOGRADU
ELEKTROTEHNIČKI
FAKULTET

PITANJA?

https://si3ts.etf.bg.ac.rs/

nikolas@etf.bg.ac.rs

