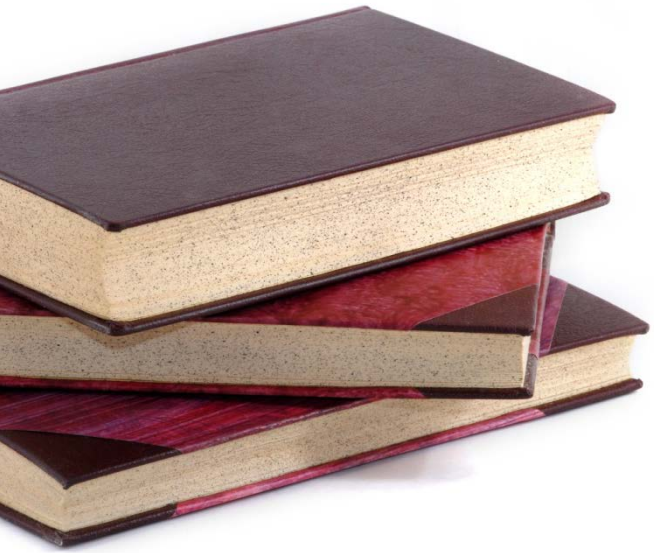
RLO
crunch it connected

Cursul 4



4

Optimizarea rețelelor locale

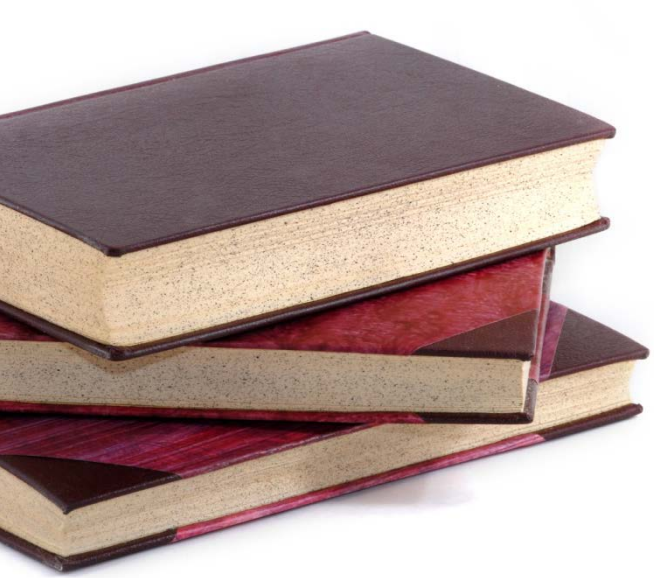
25-26 octombrie 2016

Obiective

- Rolul VLAN-urilor în rețele
- Stabilirea conectivității între VLAN-uri
- STP

RLO
crunch it connected

Cursul 4



VLAN

- Probleme în LAN-uri
- Ce este un VLAN
- Trunking
- Comutarea în VLAN-uri
- Exemple

Probleme în LAN-uri

Securitate

- Securitate
  - Broadcast-urile ajung la toate dispozitivele din rețea și pot conține date confidențiale
  - Un host poate încerca să acceseze orice alt host din rețeaua sa
  - Soluție: blocarea accesului direct între dispozitive din departamente diferite

Probleme în LAN-uri

Securitate

Eficiență

- Eficiență
  - Într-o rețea cu multe switch-uri, impactul unui broadcast poate fi foarte costisitor
  - Soluție: limitarea domeniilor de broadcast

Probleme în LAN-uri

Securitate

Eficiență

Administrare

- Administrare
  - Într-o rețea pot exista politici diferite (de securitate, de adresare, de control al calității) pentru departamente cu scop diferit, dar locație comună
  - Soluție: aplicarea unor politici per departament și nu per switch

Probleme în LAN-uri

- Securitate
- Eficiență
- Administrare
- Calitate
-

- Calitate (QoS)
  - Unele dispozitive (IP phones, Videoconferencing) necesită politici speciale pentru asigurarea calității
  - Soluție: separarea traficului pe o rețea dedicată, cu o politică proprie

Probleme în LAN-uri

- Securitate
- Eficiență
- Administrare
- Calitate
- Cost

- Cost
  - Echipamentele folosite trebuie să asigure cerințele fără să necesite investiții mult prea mari
  - Soluție: găsirea unei metode software pentru a rezolva toate cerințele, folosind echipamentele existente

Soluția

- **Securitate**
- **Eficiență**
- **Administrare**
- **Calitate**
- **Cost**

Pentru unele lucruri există 

...

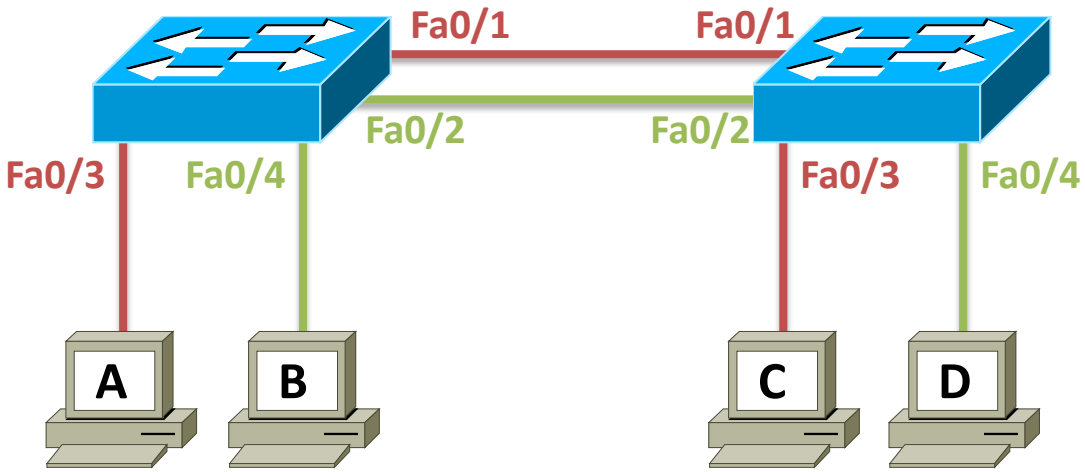
...pentru acestea există **VLAN-uri**

De ce nu un ruter?

- Uneori dispozitive de la departamente diferite pot fi situate în aceeași locație fizică
- Ruterele sunt mai scumpe
- Ruterele fac operații mai costisitoare deci impun o latență mai mare
- Segmentează domeniile de broadcast și vrem ca stațiile unui departament să fie în același domeniu

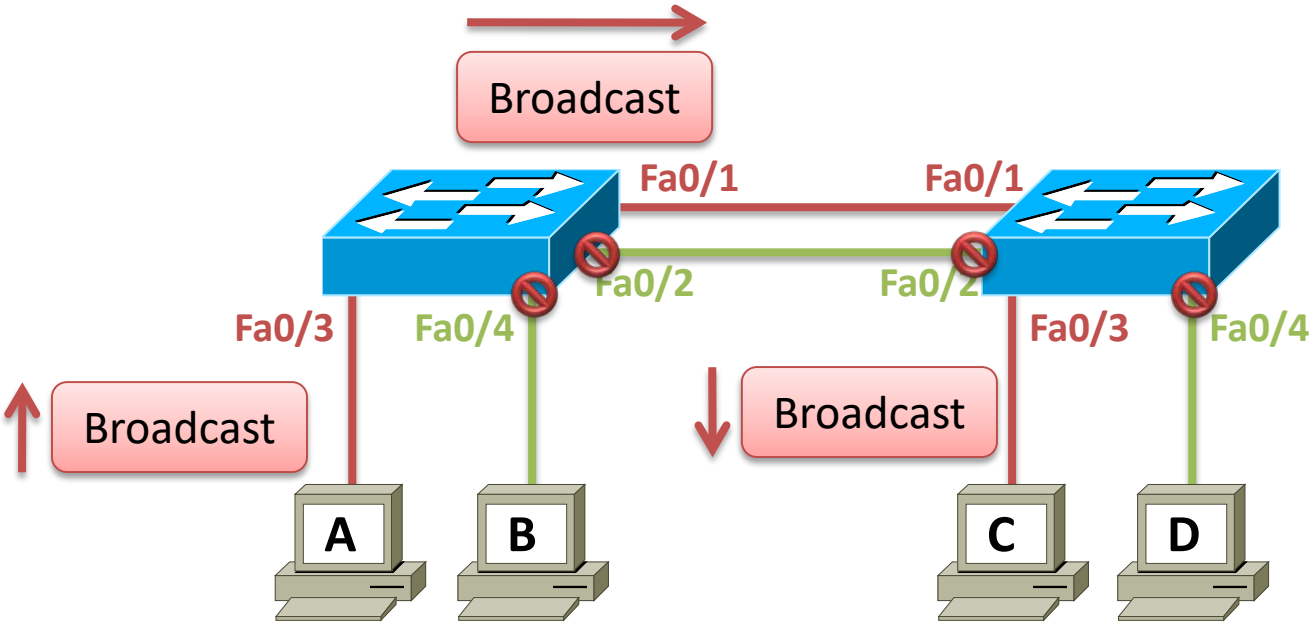
Ce este un VLAN?

- Virtual LAN
- Reprezintă un domeniu de broadcast compus doar din anumite porturi ale unor switch-uri
- Un VLAN este definit prin porturile ce îi aparțin



Ce este un VLAN?

- Dispozitive din două VLAN-uri diferite nu pot comunica între ele în absența unui dispozitiv de nivel 3 care să facă rutarea
- Un broadcast se va propaga doar în VLAN-ul respectiv:



Ce este un VLAN?

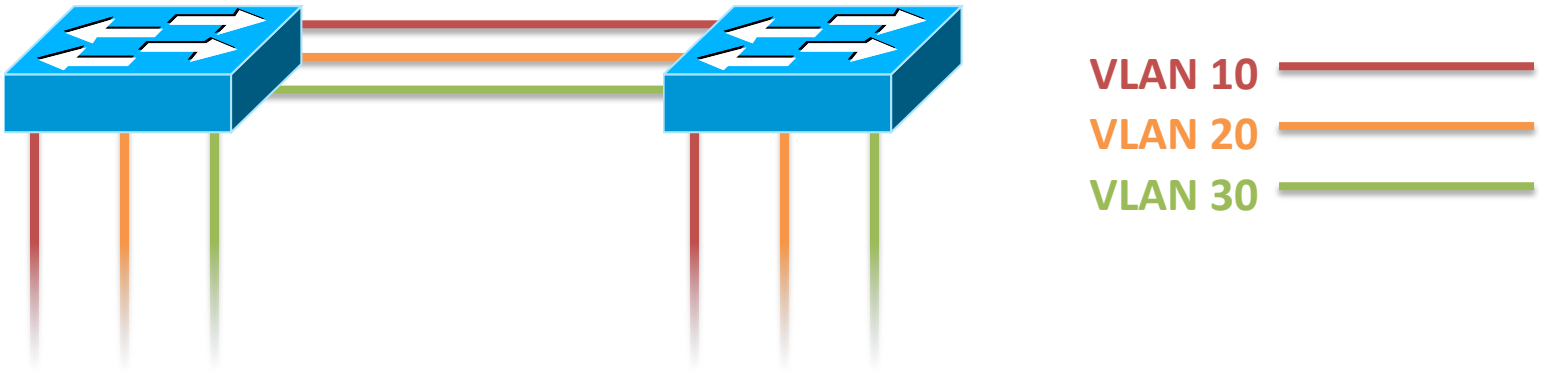
- VLAN-urile sunt identificate prin numere numite **VLAN ID**
- Un VLAN ID este reprezentat pe 12 biți (1– 4096)
- Intern, fiecare switch asociază unui port un VLAN ID
- Pe switch-urile Cisco, toate porturile aparțin inițial VLAN-ului 1
- Un port ce aparține unui singur VLAN poartă numele de **Access Port**
- Pentru stațiile conectate la un Access Port, faptul că aparțin unui VLAN este transparent

Configurarea VLAN-urilor

- Un VLAN trebuie creat pe un switch înainte să îi fie asociate porturi
- Pentru a comuta trafic aparținând VLAN-ului **<X>** un switch trebuie să aibă configurat VLAN-ul **<X>**

Trunking

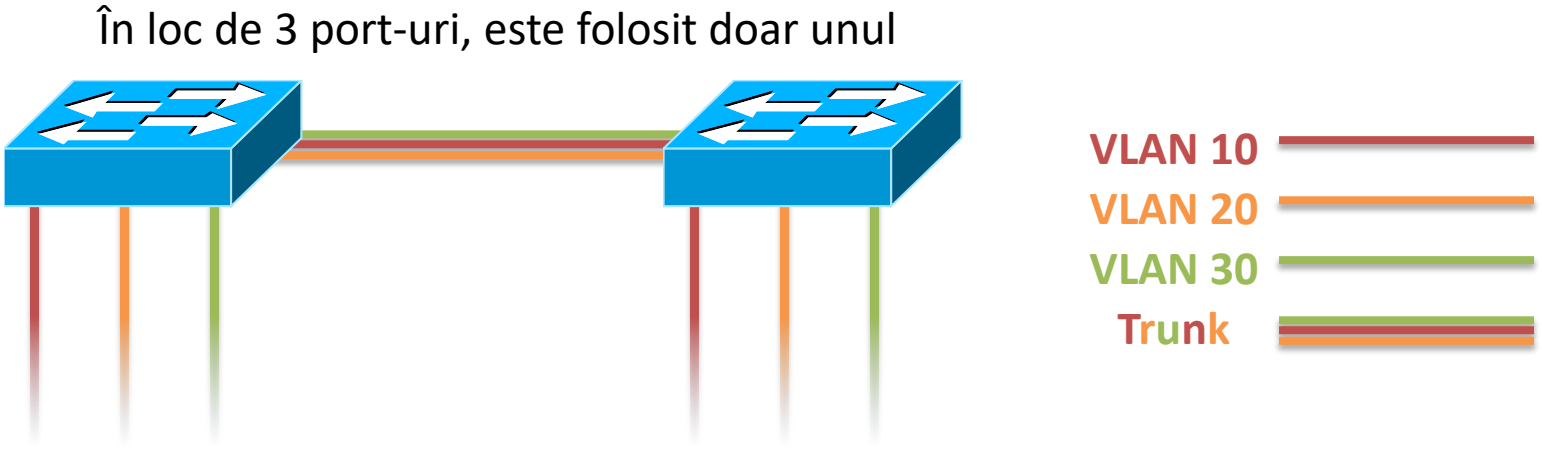
- Ce se întâmplă când două switch-uri trebuie să transporte date aparținând mai multor VLAN-uri între ele?



- Prea multe porturi folosite pentru a transporta toateVLAN-urile
- Soluția: trunking

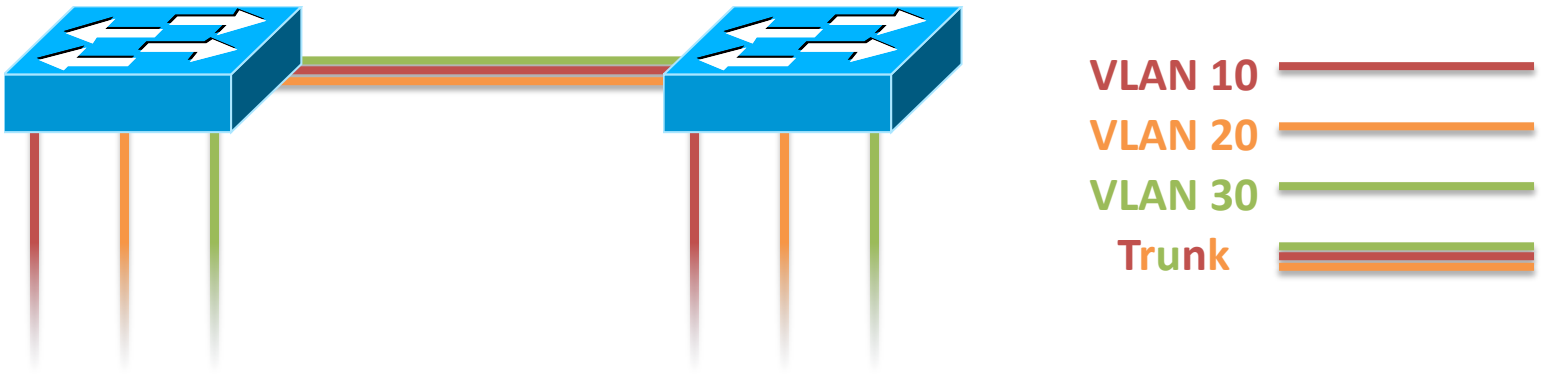
Trunking

- Porturile nu pot funcționa doar ca Access Ports, ci și ca Trunk Ports
- Acestea au proprietatea că pot trimite trafic aparținând mai multor VLAN-uri pe același port
- O linie trunk trebuie să aibă la ambele capete port-uri configurate ca Trunk Ports



Trunking

- Setul de VLAN-uri ce pot fi trimise pe o linie trunk este configurabil și trebuie stabilit de administrator
- Implicit, setul va include **toate** VLAN-urile
- Problemă: dacă switch-ul 1 trimite un cadru aparținând VLAN-ului 10, cum își dă seama switch-ul 2 în ce VLAN să-l plaseze?



Formatul 802.1q

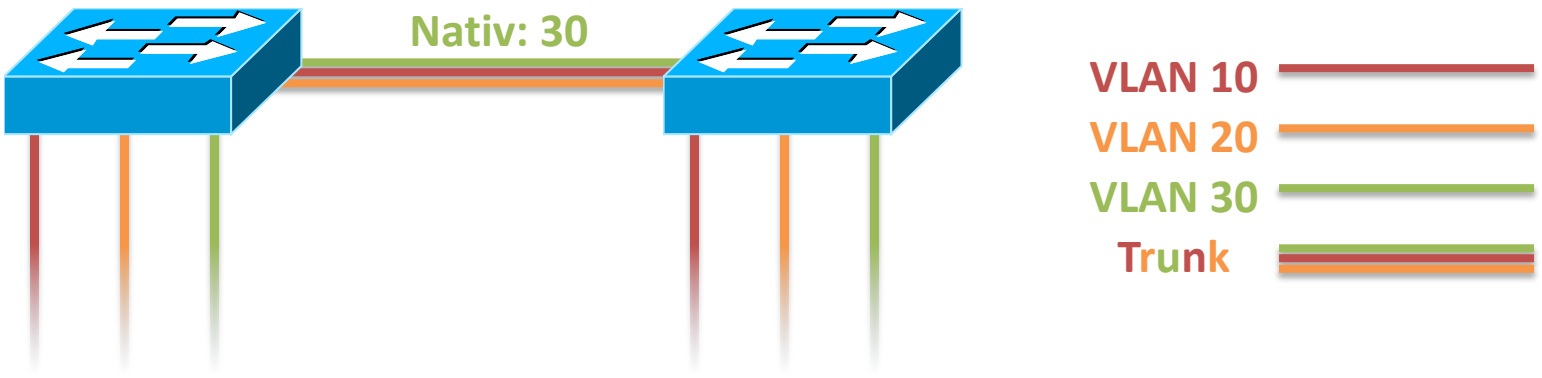
- Soluția: **802.1q**
- Recapitulare – formatul Ethernet:

- Pentru a reține informația de VLAN, se introduce un câmp nou format din 4 octeți: **802.1q tag**

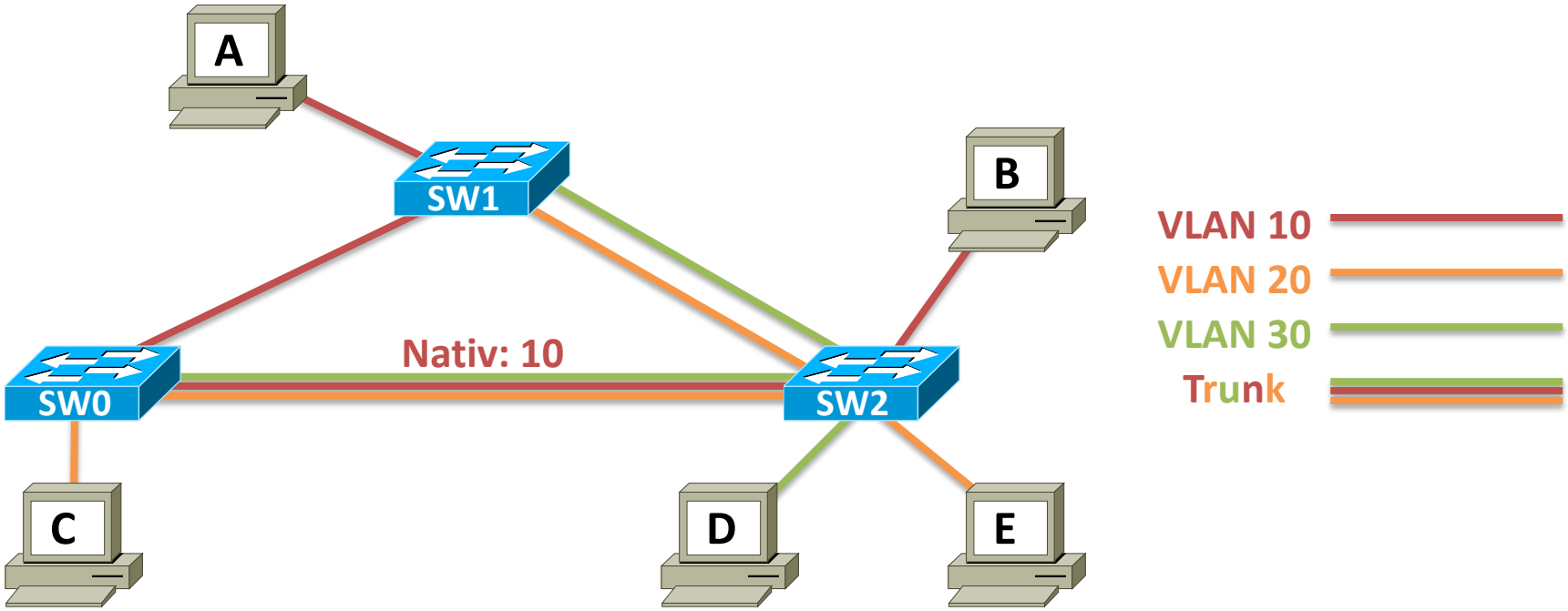
- Noul format al cadrului poartă numele de formatul 802.1q și e folosit pe legăturile trunk

VLAN nativ

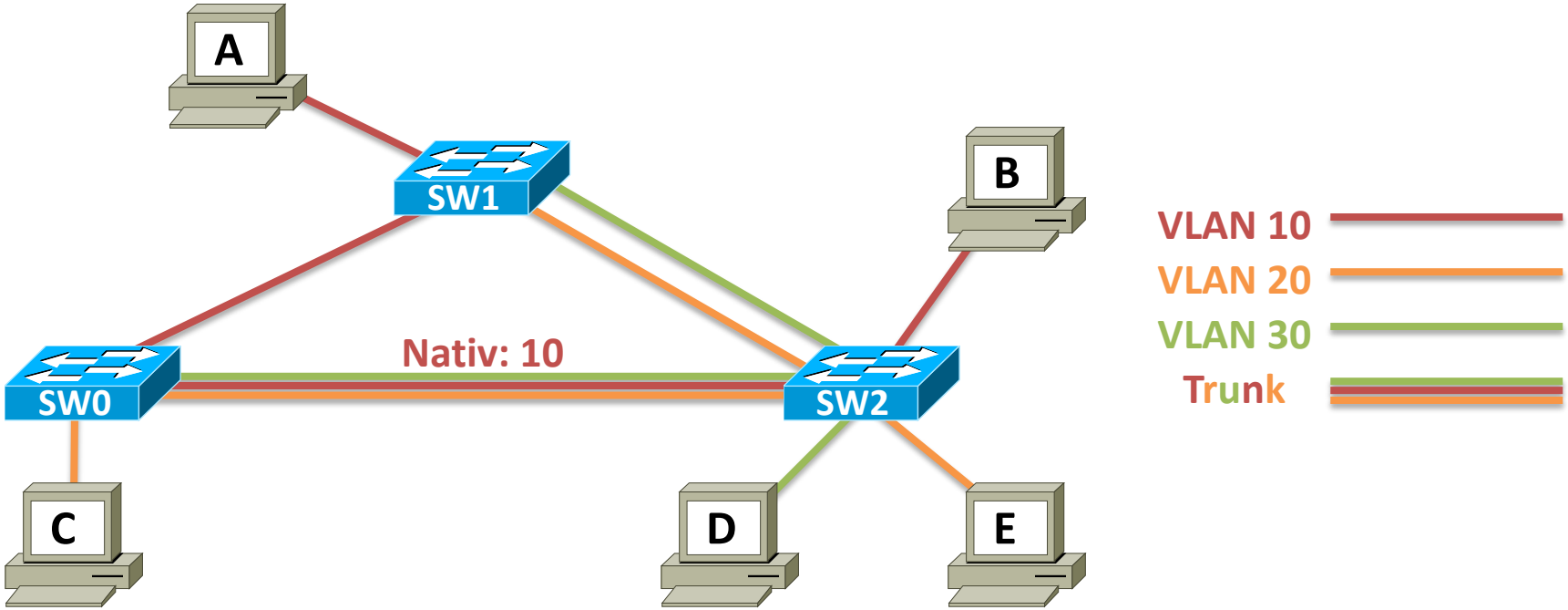
- O legătură trunk are un VLAN special numit VLAN nativ
- Cadrele aparținând VLAN-ului nativ circulă pe trunk în format Ethernet standard (nu 802.1q)
- Porturile de la capătul legăturii trebuie să aibă configurat același VLAN nativ



Topologia exemplu

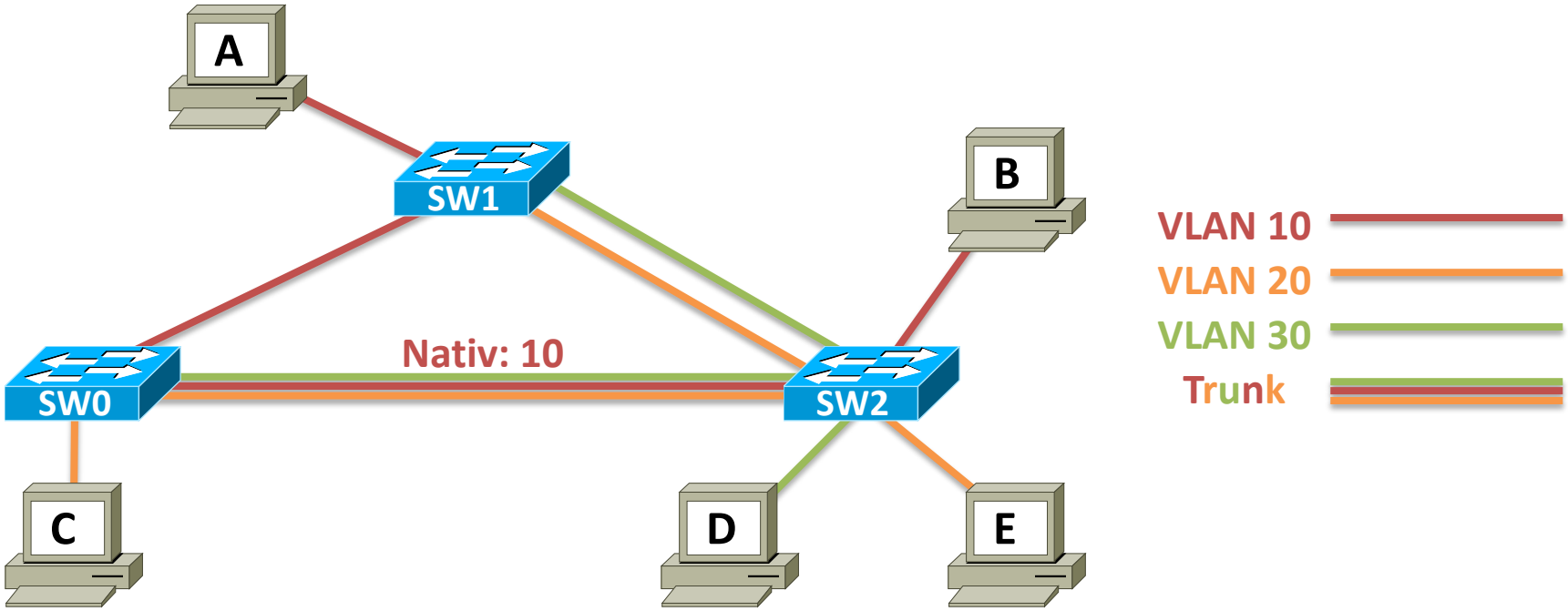


Exercițiul 1: Broadcast A



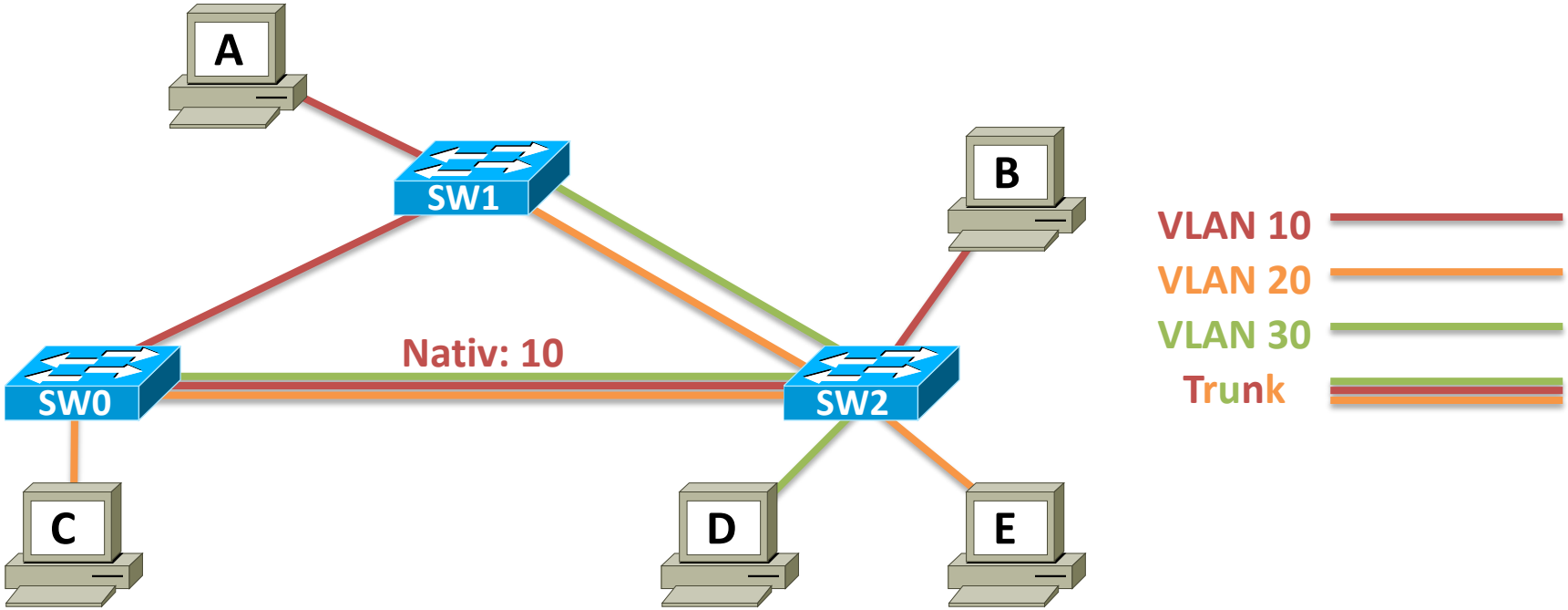
- A trimite un broadcast; la ce stații va ajunge respectivul broadcast?
  - R: **B**
- Pe ce cale ajunge la fiecare destinație?
  - R: **A** → **SW1** → **SW0** → **SW2** → **B**

Exercițiul 1: Broadcast A



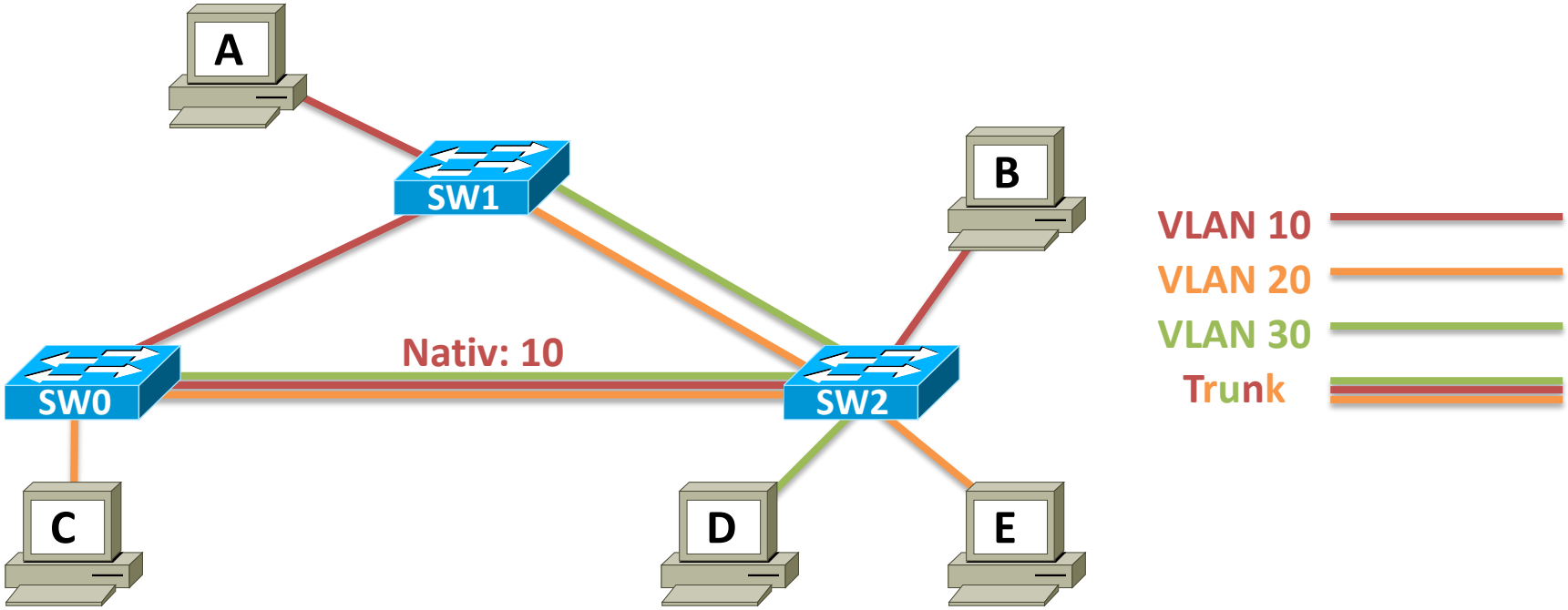
- Ce format va avea broadcastul anterior pe legătura **SW0** – **SW1**?
  - R: **Ethernet**
- Ce format va avea broadcastul anterior pe legătura **SW0** – **SW2**?
  - R: **Ethernet**

Exercițiul 2: Unicast E → C



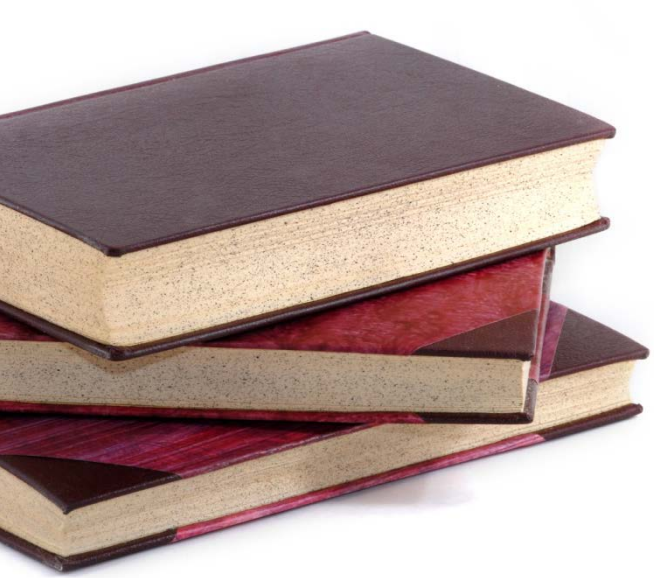
- Stația E trimite un unicast către stația **C**; toate switch-urile au tabela CAM vidă; la ce dispozitive de rețea va ajunge unicast-ul?
  - R: **SW0**, **SW1**, **SW2**, **C** (switch-urile fac flood)
- Ce format va avea cadrul pe legătura **SW2** – **SW1**?
  - R: **Ethernet**

Exercițiul 2: Unicast E → C



- Ce format va avea cadrul pe legătura SW0– SW2?
  - R: **802.1q** (VLAN 20 este conținut în dot1q tag)

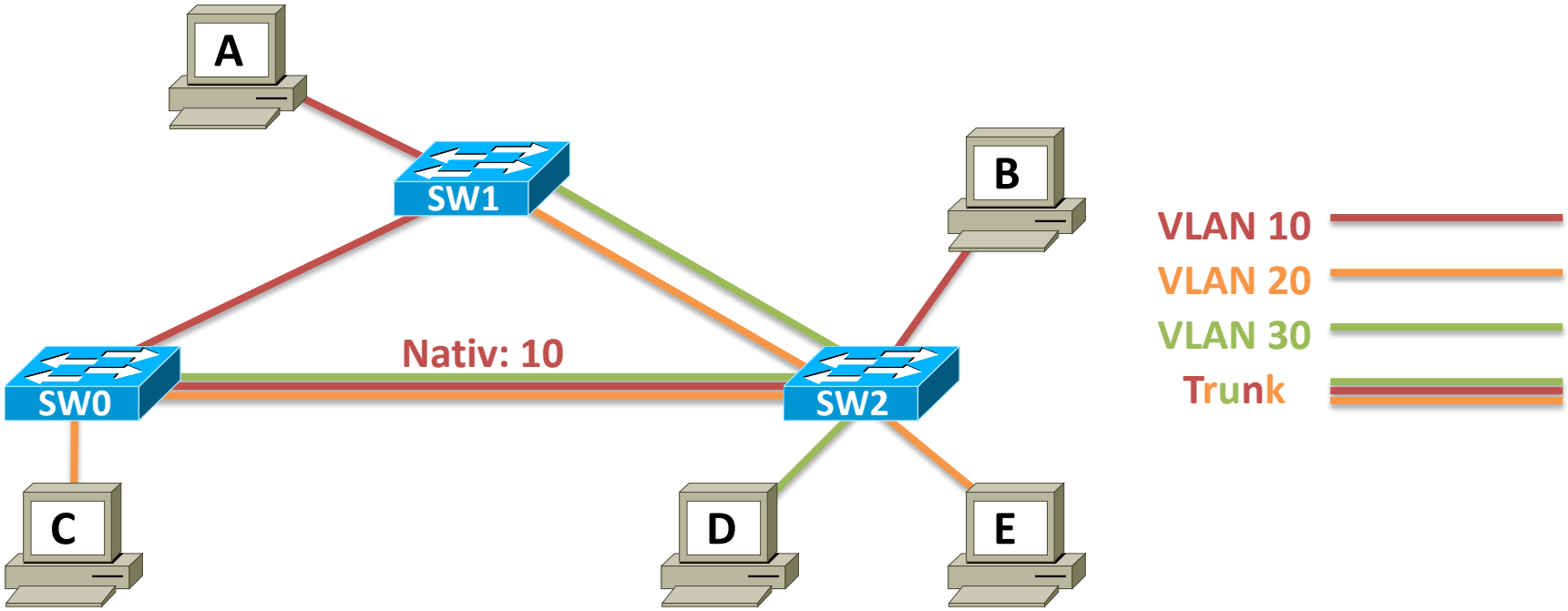
Cursul 4



Rutare inter-VLAN

- Conectivitatea între VLAN-uri
- Ce este un ruter
- Soluția clasică
- Soluția router-on-a-stick

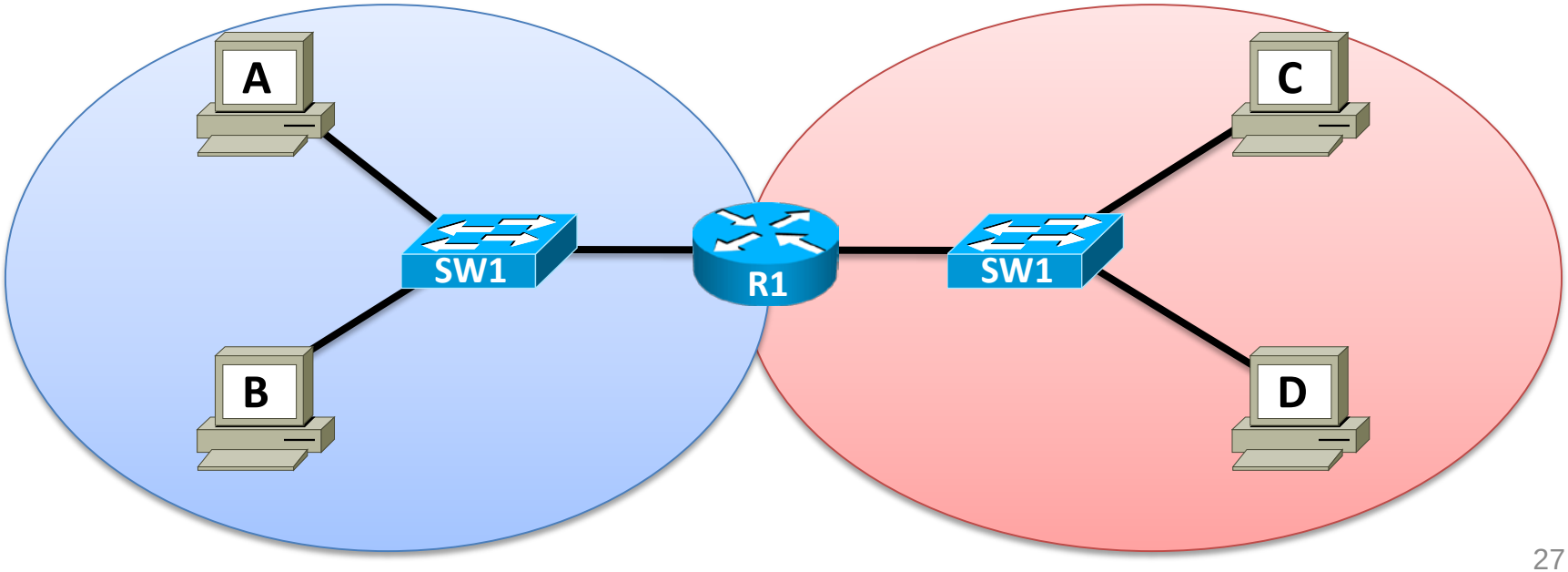
Necesitatea rutării



- **A** vrea să comunice cu **E**; cum ar putea trimite un cadru către E în topologia de mai sus?
  - R: nu se poate, este necesar un **Ruter**

Ruterul

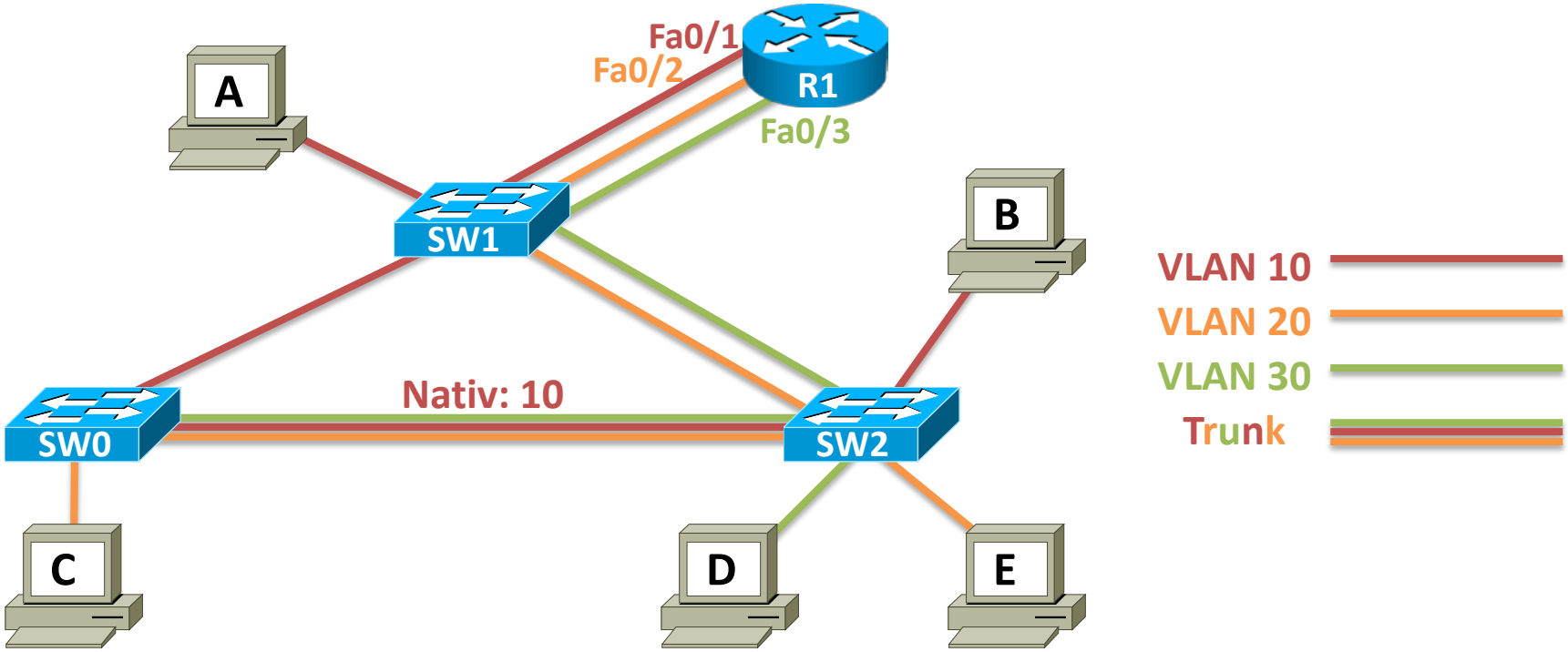
- Ruterul este un echipament ce funcționează la nivelul **3.Rețea** al stivei OSI
- Funcția lui este de a dirija trafic între domenii de broadcast distincte
- Ruterul și procesul de rutare vor fi discutate în detaliu în cursul 6



Rutare Inter-VLAN

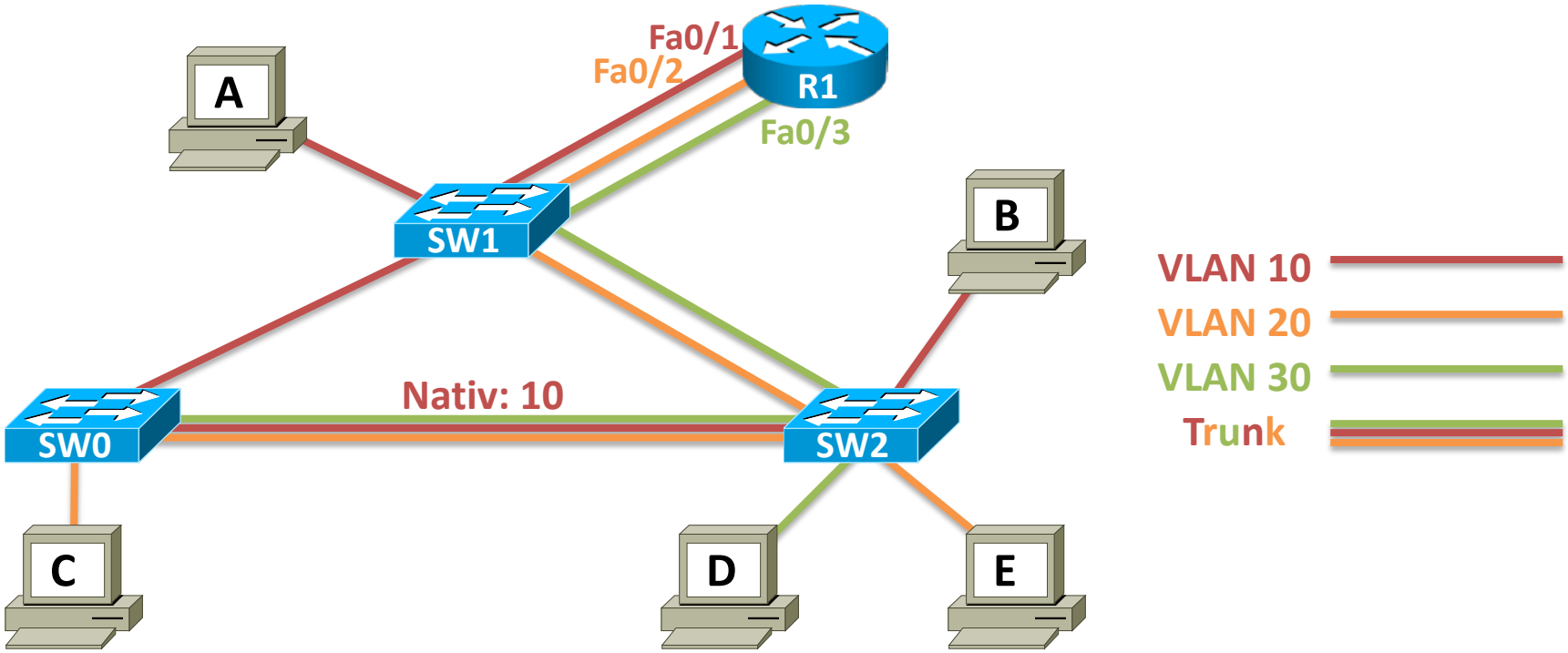
- Putem folosi un ruter pentru a asigura conectivitatea întreVLAN-uri diferite
- Traficul va intra în ruter pe un VLAN și va ieși pe un altul
- Există două soluții:
  - Soluția “clasică”
  - Soluția “router-on-a-stick”

Soluția clasică



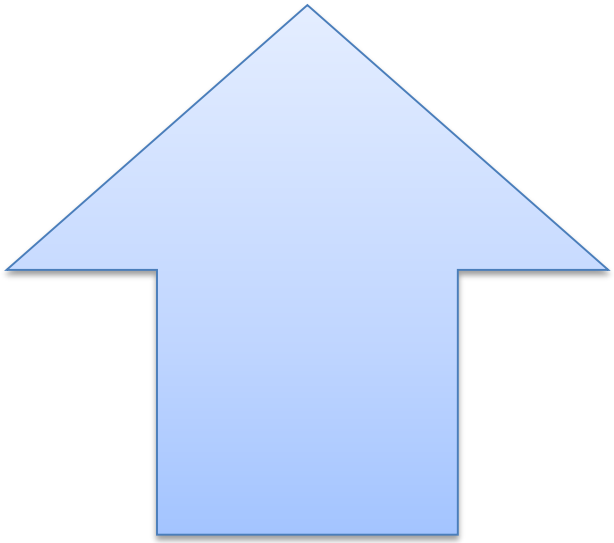
- Folosește multiple interfețe pe ruter
  - fiecare interfață se va găsi într-un VLAN diferit

Soluția clasică: Exemplu



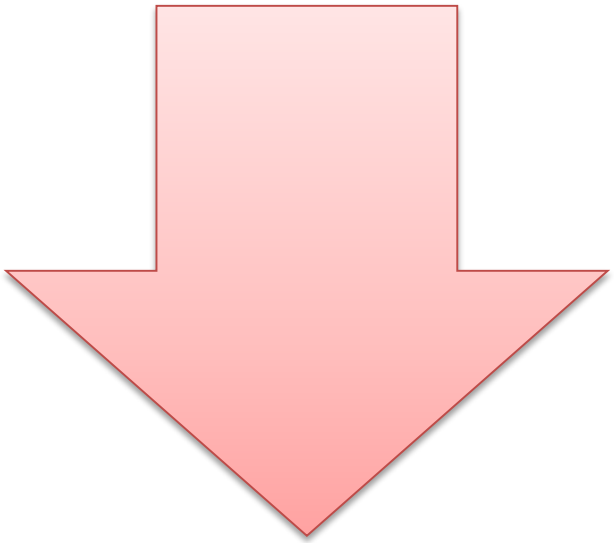
- **A** îi trimite un cadru lui **E**; switch-urile au tabele CAM complete
  - **A** → **SW1** → **Fa0/1** **R1**
  - Are loc procesul de rutare în **R1**: **Fa0/1** **R1** → **Fa0/2** **R1**
  - **Fa0/2** **R1** → **SW1** → **SW2** → **E**

Soluția clasică



Avantaje:

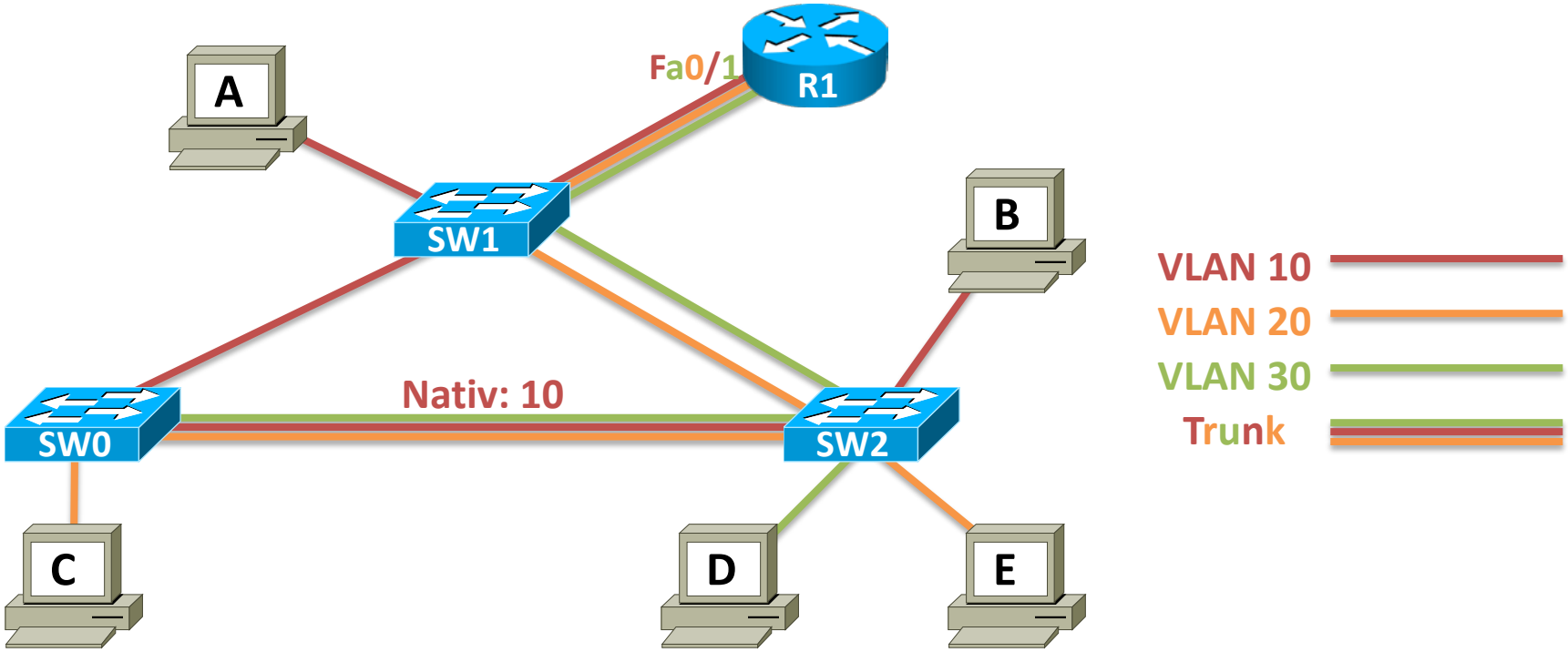
- Apartenența la VLAN-uri este transparentă ruterului
- Folosește eficient capacitatea de transfer a mediului



Dezavantaje:

- Interfețele pe rutere sunt puține și abordarea consumă un număr mare de interfețe
- Este necesară o cantitate mare de cabluri pentru a realiza legăturile
- Nu scalează

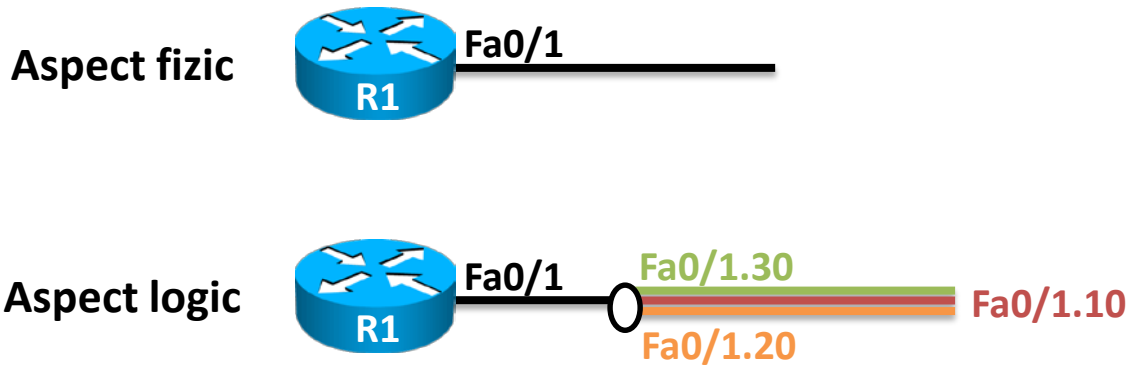
Soluția Router-on-a-stick



- Folosește o singură interfață fizică
  - Interfața fizică este separată în mai multe interfețe logice numite **subinterfețe**

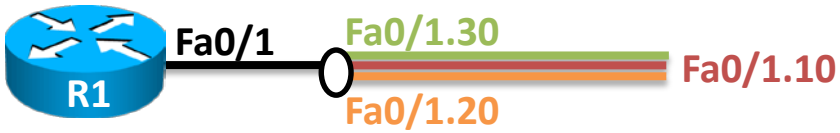
Soluția Router-on-a-stick: Subinterfețe

- O interfață fizică poate fi împărțită în mai multesubinterfețe
- Abordarea router-on-a-stick presupune crearea unei subinterfețe pentru fiecare VLAN
- Fiecare subinterfață va avea adresa sa proprie de nivel 3
- Subinterfețele sunt identificate prin id-ul de subinterfață (de exemplu Fa0/1 poate avea subinterfața cu id-ul 42: Fa0/1.42



Soluția Router-on-a-stick: Subinterfețe

- Legătura dintre switch și ruter va fi configurată catrunk
- Fiecare subinterfață trebuie informată că traficul va veni în format 802.1q și nu Ethernet
- Când se configurează încapsularea 802.1q se asociază și VLAN-ul corespunzător subinterfeței

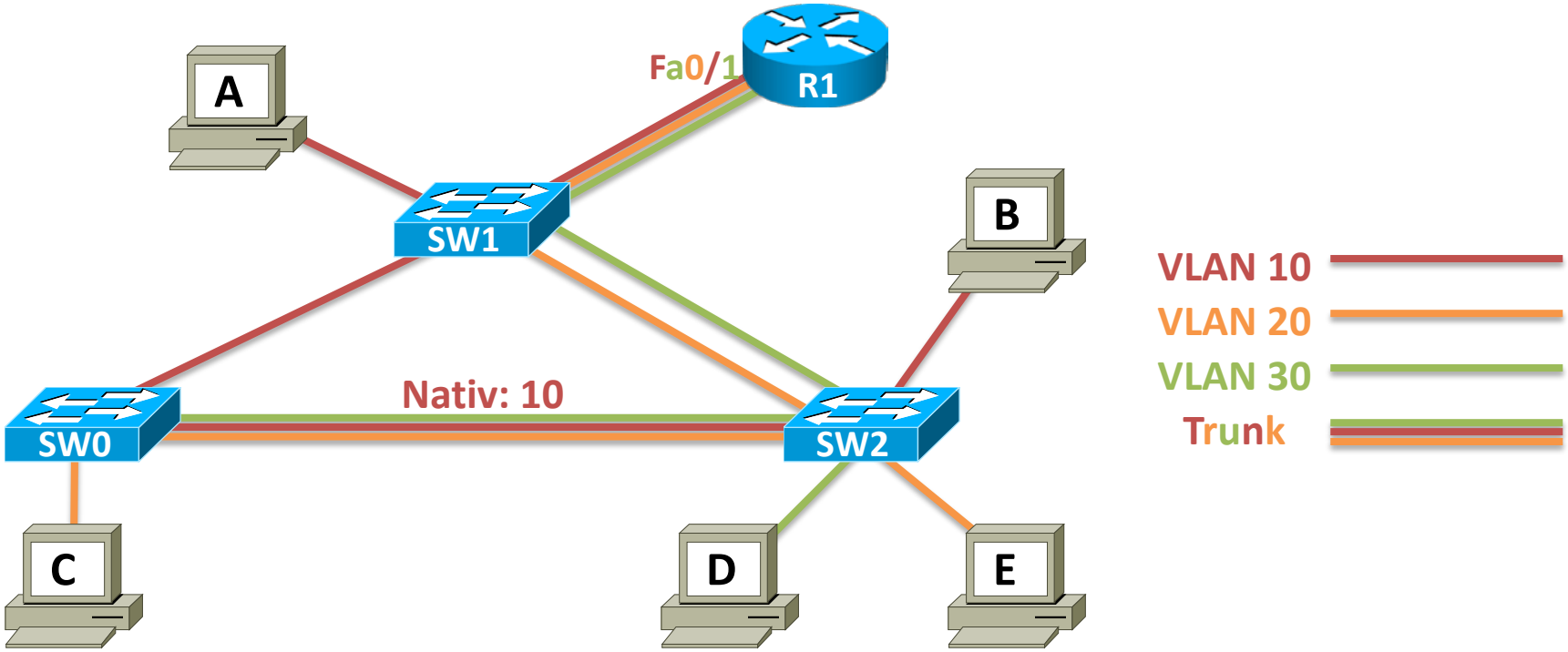


Fa0/1.30 – 802.1q; VLAN 30

Fa0/1.10 – 802.1q, VLAN 10

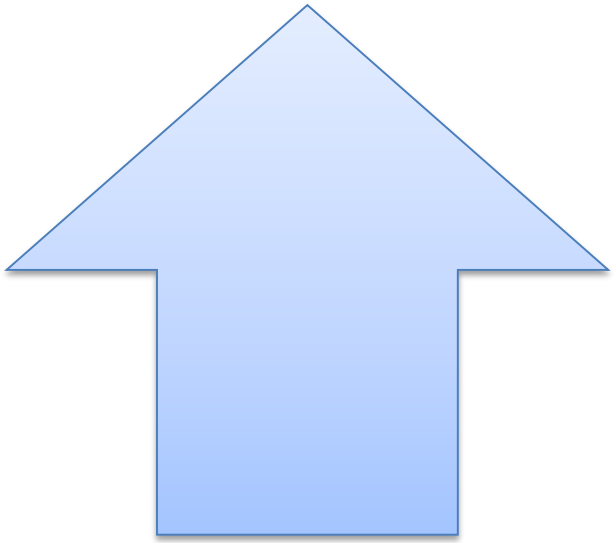
Fa0/1.20 – 802.1q; VLAN 20

Soluția Router-on-a-stick: Exemplu



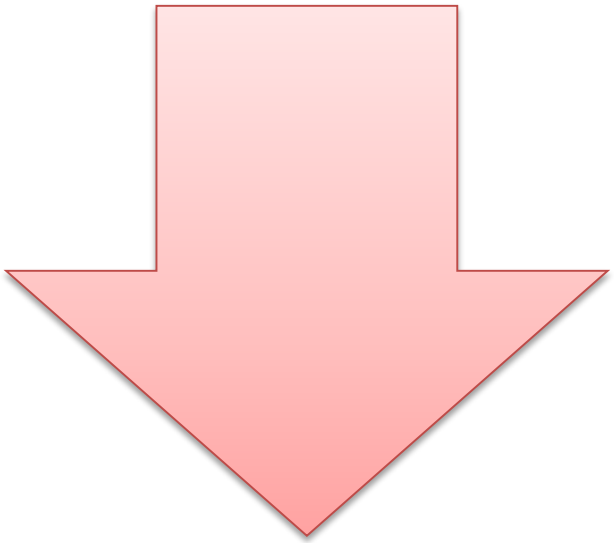
- **A** îi trimite un cadru lui **E**; switch-urile au tabele CAM complete
  - **A** → **SW1** → **Fa0/1 R1**
  - **R1** vede în tag-ul 802.1q că VLAN-ul e **10** și primește pe **Fa0/1.10**
  - Are loc procesul de rutare în **R1**: **Fa0/1.10** → **Fa0/1.20**
  - **R1** trimite pe **Fa0/1.20** cadrul în format 802.1q cu VLAN-ul **20**
  - **Fa0/1 R1** → **SW1** → **SW2** → **E**

Soluția Router-on-a-stick



Avantaje:

- Este utilizată o singură interfață a ruterului
- Este necesar un număr redus de legături
- Scalează bine

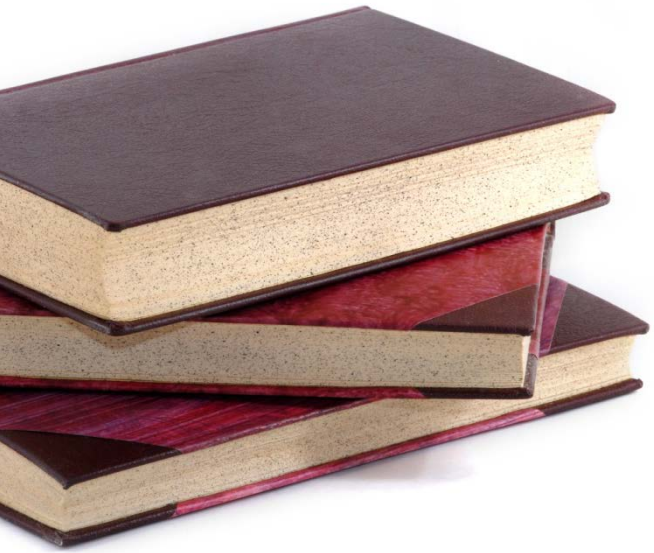


Dezavantaje:

- Lățimea de bandă a interfeței fizice este împărțită între cele logice (poate apărea un bottleneck)
- Funcționalitatea nu este disponibilă pe toate ruterele
- VLAN-urile nu mai sunt transparente ruterului

RLO
crunch it connected

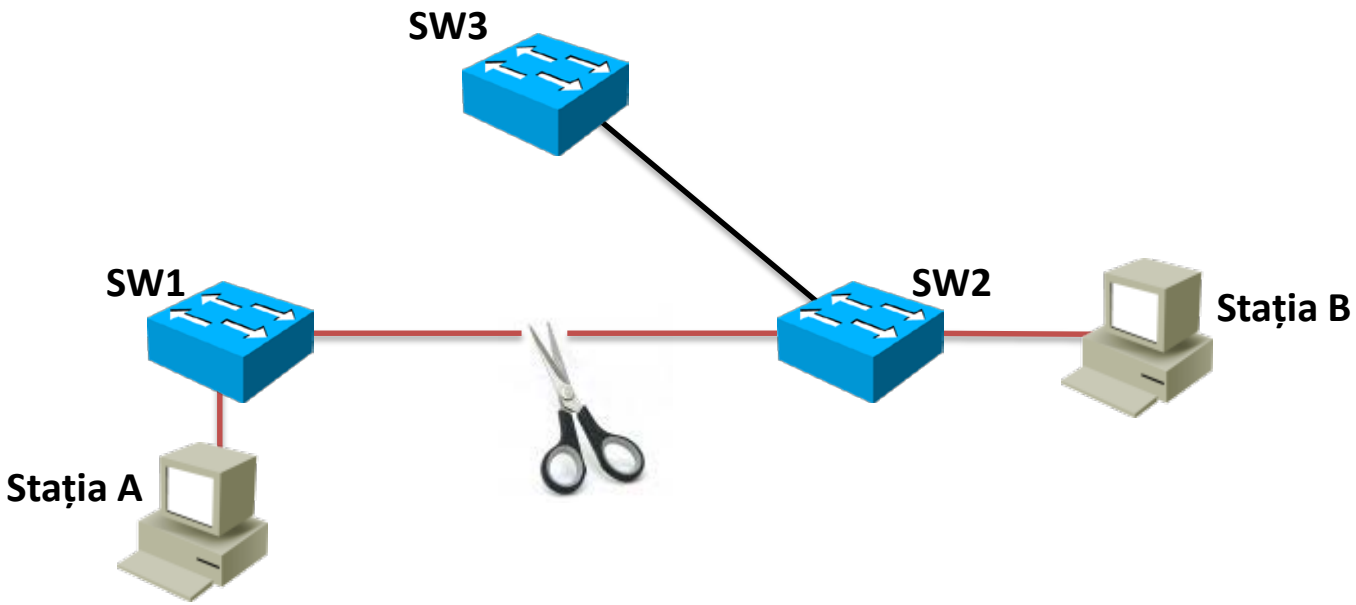
Cursul 4



STP

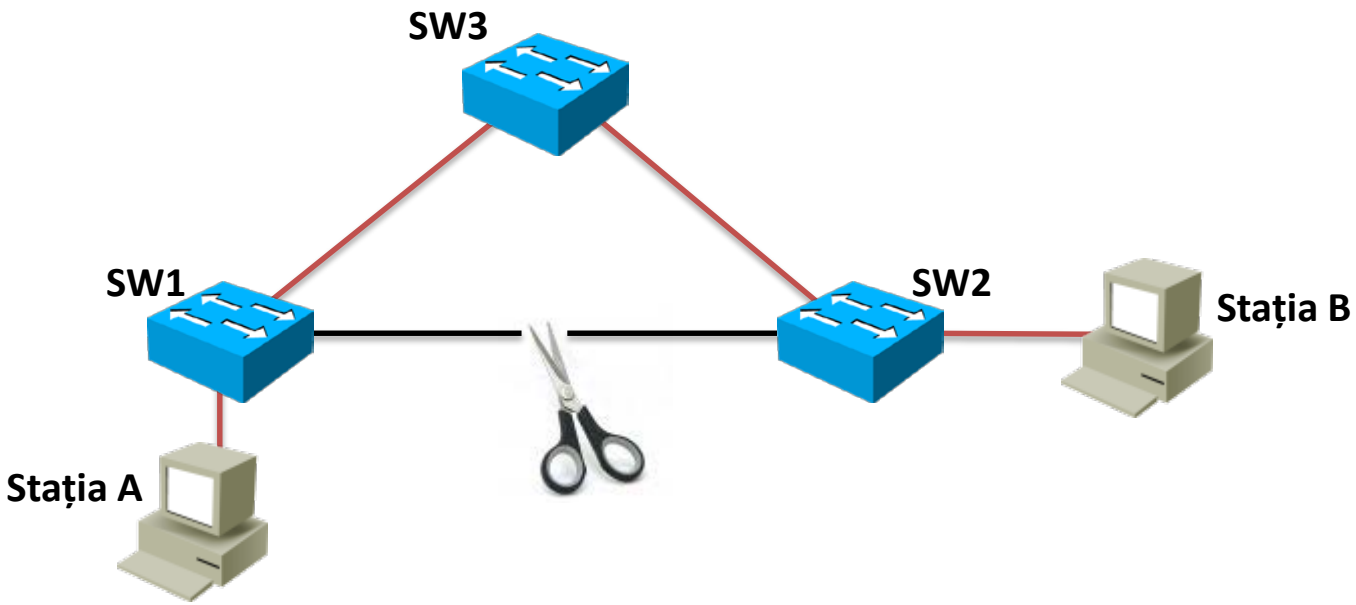
- Redundanța în rețea
- STP
- Algoritmul STA
- Exemple
- Variante STP

Redundanța în rețele



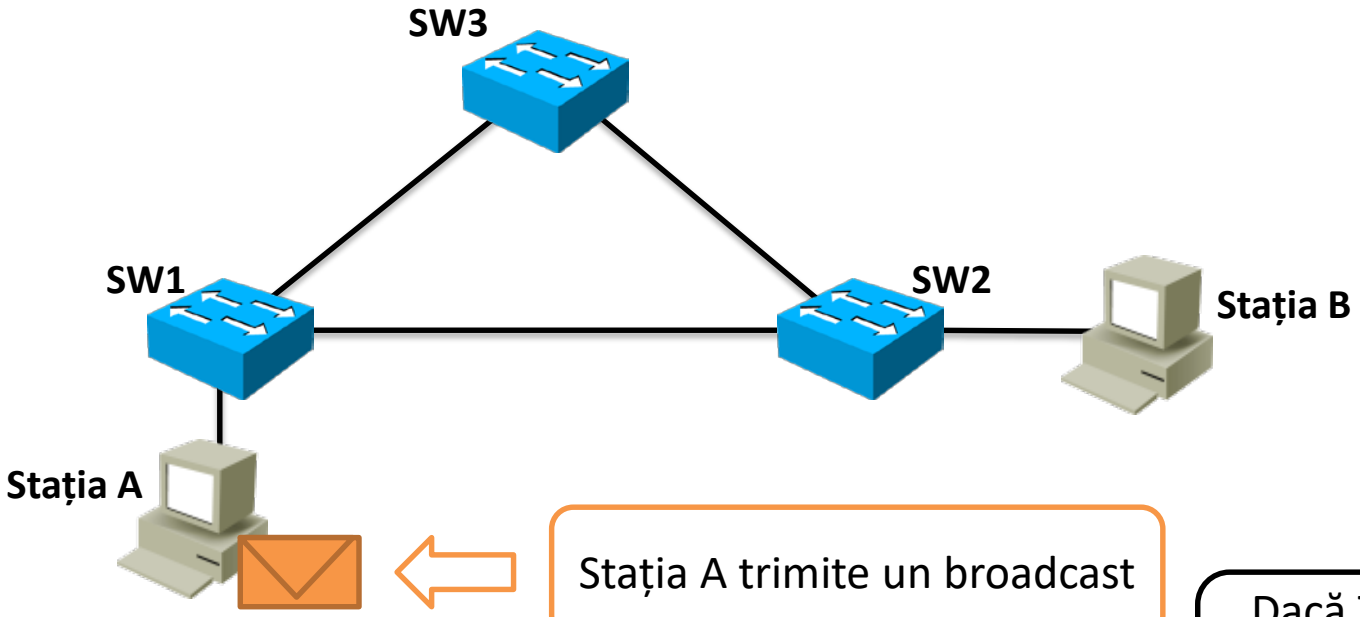
- Dacă legătura dintre SW1 și SW2 cade, stațiile nu mai pot comunica între ele
- Soluția este introducerea unei legături alternative cabackup în cazul căderii legăturii principale

Redundanța în rețele



- Redundanța se poate implementa la nivele diferite
  - La nivel de link (2 uplink-uri)
  - La nivel de dispozitiv de nivel 2 (multiple căi prin bucle fizice nivel 2)
  - La nivel de dispozitiv de nivel 3 (multiple gateway-uri – HSRP, VRRP)

Probleme introduse de redundanță - 1

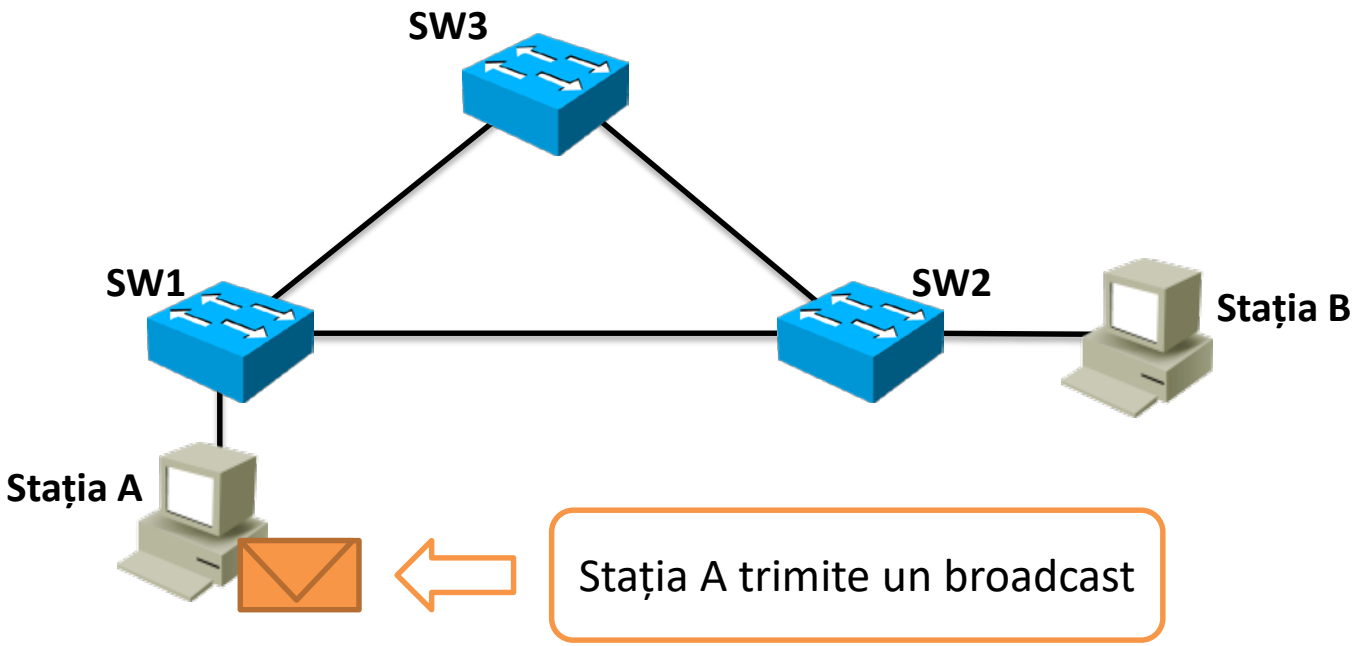


- Cum va circula cadrul între switch-uri?

Dacă TTL inițial e 40, la ce pas va fi aruncat cadrul?

T	1	2	3	4	5	6	7
Cadre	A → SW1	SW1 → SW3 SW1 → SW2	SW3 → SW2 SW2 → SW3 SW2 → B	SW2 → SW1 SW2 → B SW3 → SW1	SW1 → SW3 SW1 → SW2 SW1 → A SW1 → A	SW3 → SW2 SW2 → SW3 SW2 → B	...

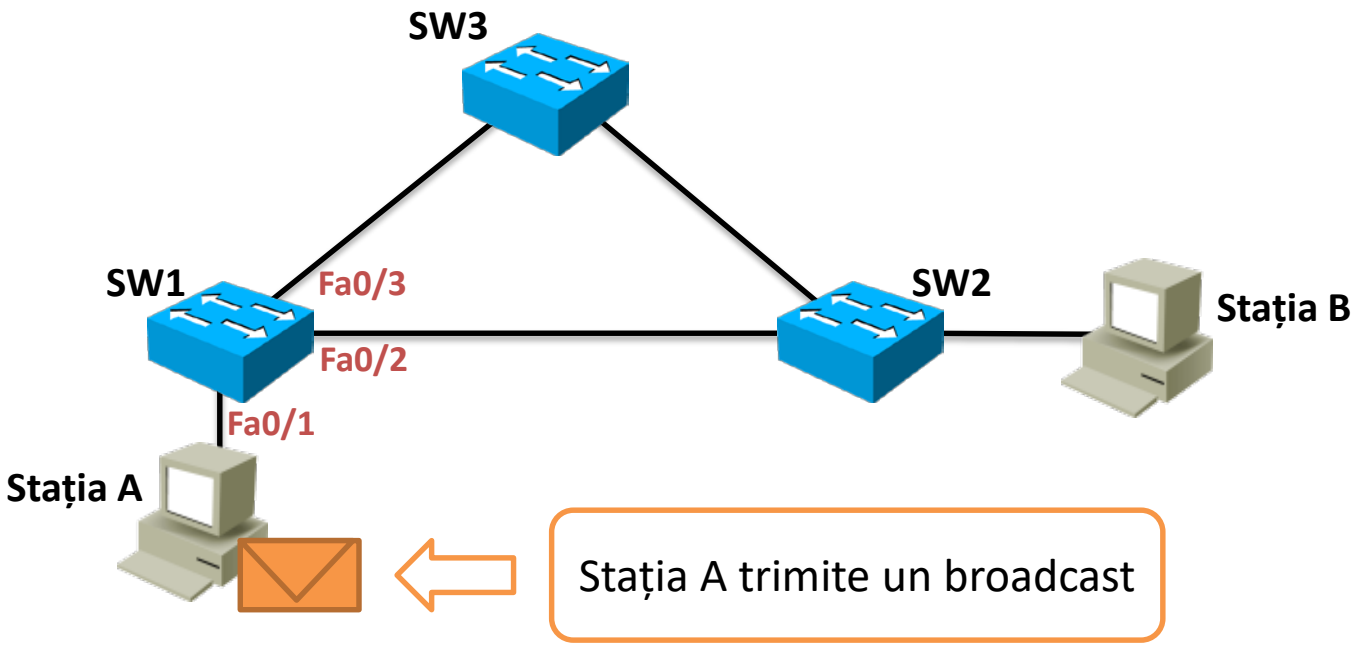
Probleme introduse de redundanță - 2



- Va ajunge pachetul la destinație?
  - R: Da, de o infinitate de ori.

T	1	2	3	4	5	6	7
Cadre	A → SW1	SW1 → SW3 SW1 → SW2	SW3 → SW2 SW2 → SW3 SW2 → B	SW2 → SW1 SW2 → B SW3 → SW1	SW1 → SW3 SW1 → SW2 SW1 → A SW1 → A	SW3 → SW2 SW2 → SW3 SW2 → B	…

Probleme introduse de redundanță - 3



- După câteva secunde, pe ce port crede SW1 că este stația A?
  - R: Fa0/2 sau Fa0/3

T	1	2	3	4	5	6	7
Cadre	A → SW1	SW1 → SW3 SW1 → SW2	SW3 → SW2 SW2 → SW3 SW2 → B	SW2 → SW1 SW2 → B SW3 → SW1	SW1 → SW3 SW1 → SW2 SW1 → A SW1 → A	SW3 → SW2 SW2 → SW3 SW2 → B	…

Motivația pentru STP

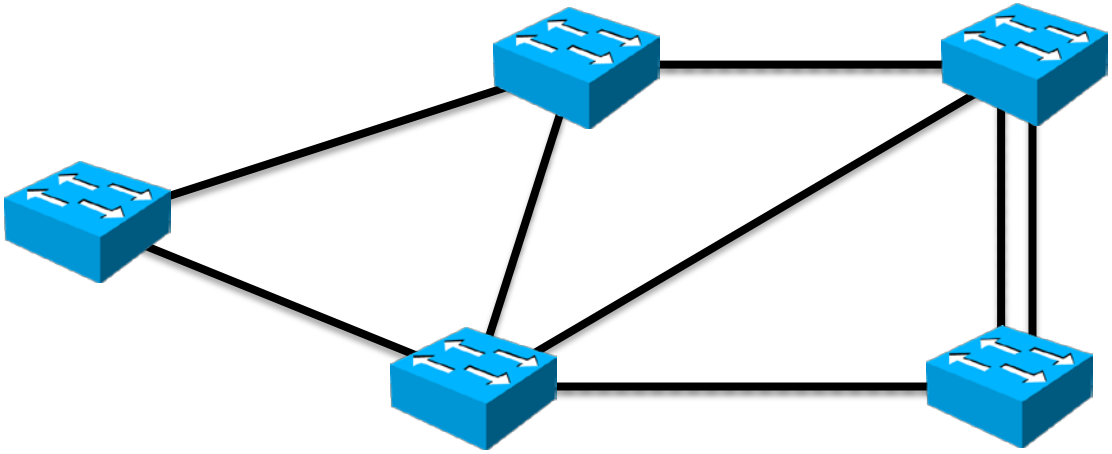
- Avem nevoie de redundanță în rețea
  - … dar creăm bucle (fizice și logice)

- Un broadcast storm este cauzat de buclele logice (din cauza modului în care funcționează switching-ul într-o buclă fizică)
  - trebuie deci eliminate buclele logice

- Ideea protocolului STP:
  - se acceptă existența unei bucle fizice (redundanță)
  - închiderea temporară a unei bucle logice prin închiderea la nivel logic a unui port din buclă
  - deschiderea portului blocat în cazul în care un uplink cedează

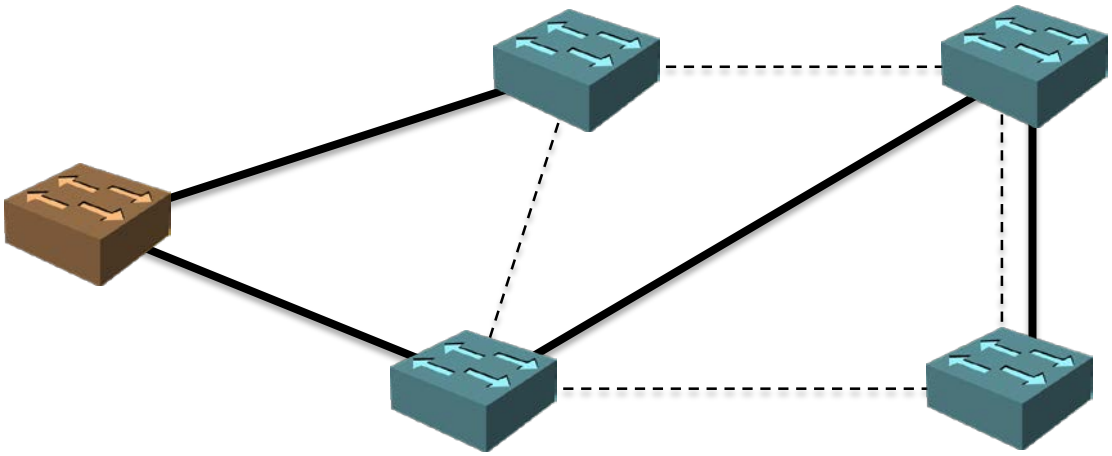
STP

- Spanning Tree Protocol
- Specificat în standardul **802.1d**
- Operează pe o rețea de switch-uri
- Elimină buclele din rețea prin închiderea unor porturi
- Algoritmul STP poartă numele de **STA** (Spanning Tree Algorithm)
- Operație similară cu determinarea arborelui de acoperire pe un graf



Rolurile switch-urilor

- În terminologia STP, switch-ul poartă numele de bridge
- Există două roluri pentru switch-uri:
  - **Root bridge** – rădăcina arborelui de switch-uri
  - **Non-root bridge** – toate celelalte switch-uri



Rolurile porturilor

- Există trei roluri pentru porturi:
  - **Designated port** – trimite și primește trafic de date 
  - **Root port** – trimite și primește trafic de date; reprezintă calea cea mai eficientă spre root bridge 
  - **Blocked port** – nu trimite și nu primește trafic de date 
- Pe o legătură, există următoarele două perechi de roluri:
  - **Designated** – **Root**:
    - Dacă legătura face parte din arborele de acoperire
  - **Designated** – **Blocked**:
    - Dacă legătura nu face parte din arborele de acoperire

Costurile legăturilor

- Costul unei muchii din graful STA este dependent de lățimea de bandă a legăturii respective:

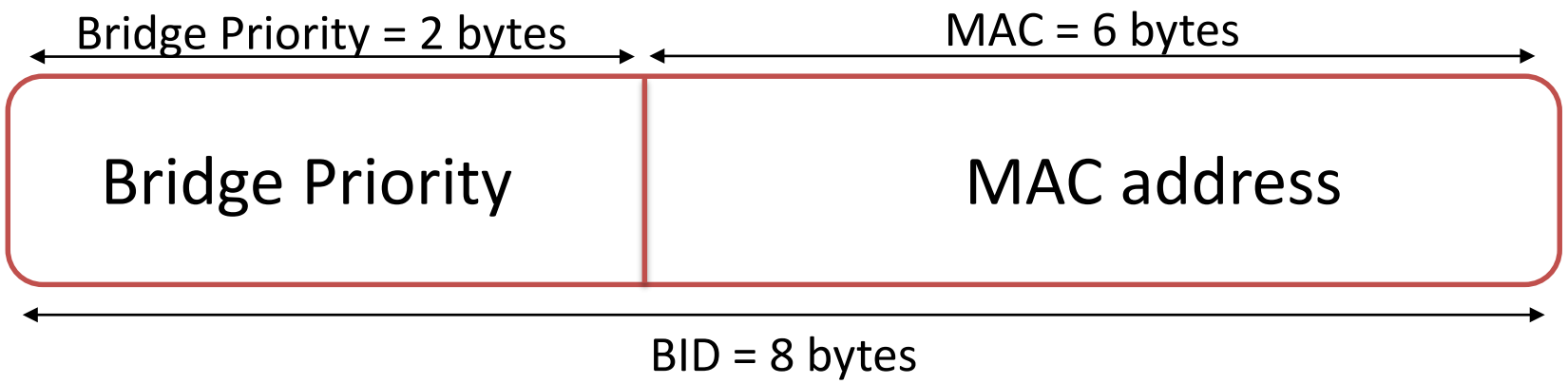
Lățime de bandă	Cost
10 Mbps	100
100 Mbps	19
1 Gbps	4
10 Gbps	2

- În cazul unor switch-uri cu legături mult mai rapide, se pot folosi alte sisteme de costuri:

Lățime de bandă	Cost
10 Mbps	2,000,000
100 Mbps	200,000
1 Gbps	20,000
10 Gbps	2,000

Bridge ID

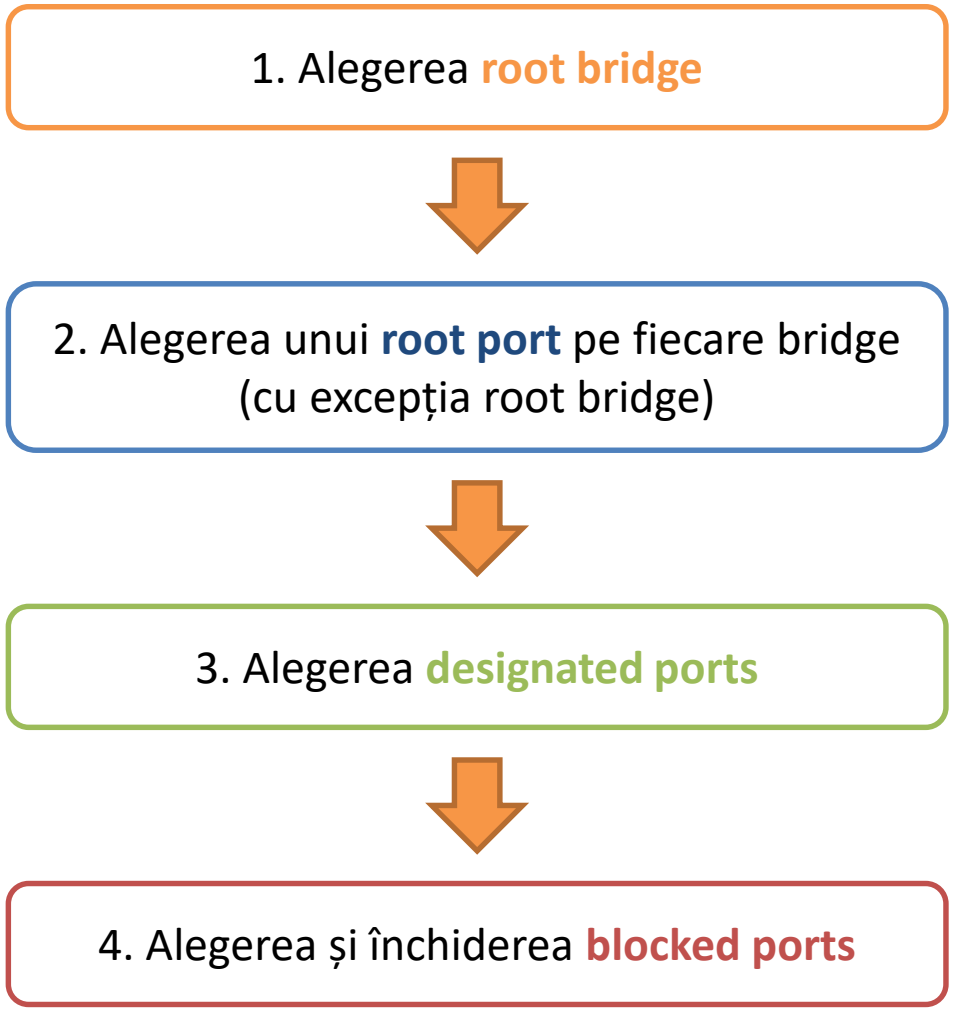
- Fiecare switch are un ID unic (BID)
- Valoare pe **64 biți**
  - 16 biți **prioritatea**
  - 48 biți **adresa MAC**
- Prioritatea este implicit 32768
- Switch-ul cu BID-ul cel mai mic va deveni **root bridge**



BPDU

- Mesajele folosite de STP pentru a comunica informații între bridge-uri
- Transmise o dată la două secunde pe toate porturile
- Informații transmise:
  - root bridge ID
  - cost până la root bridge
  - bridge ID
  - port ID
- Observație: **blocked ports** încă primesc BPDU-uri

Pașii STA


1. Alegerea root bridge
2. Alegerea unui root port pe fiecare bridge (cu excepția root bridge)
3. Alegerea designated ports
4. Alegerea și închiderea blocked ports

Pasul 1 – Alegerea Root Bridge

- Bridge-urile trimit BPDU-uri până când toate cunosc cel mai mic BID din rețeaua de bridge-uri
- Bridge-ul cu ID-ul minim devine Root Bridge
- Cine ar deveni root bridge în fiecare din situațiile următoare?

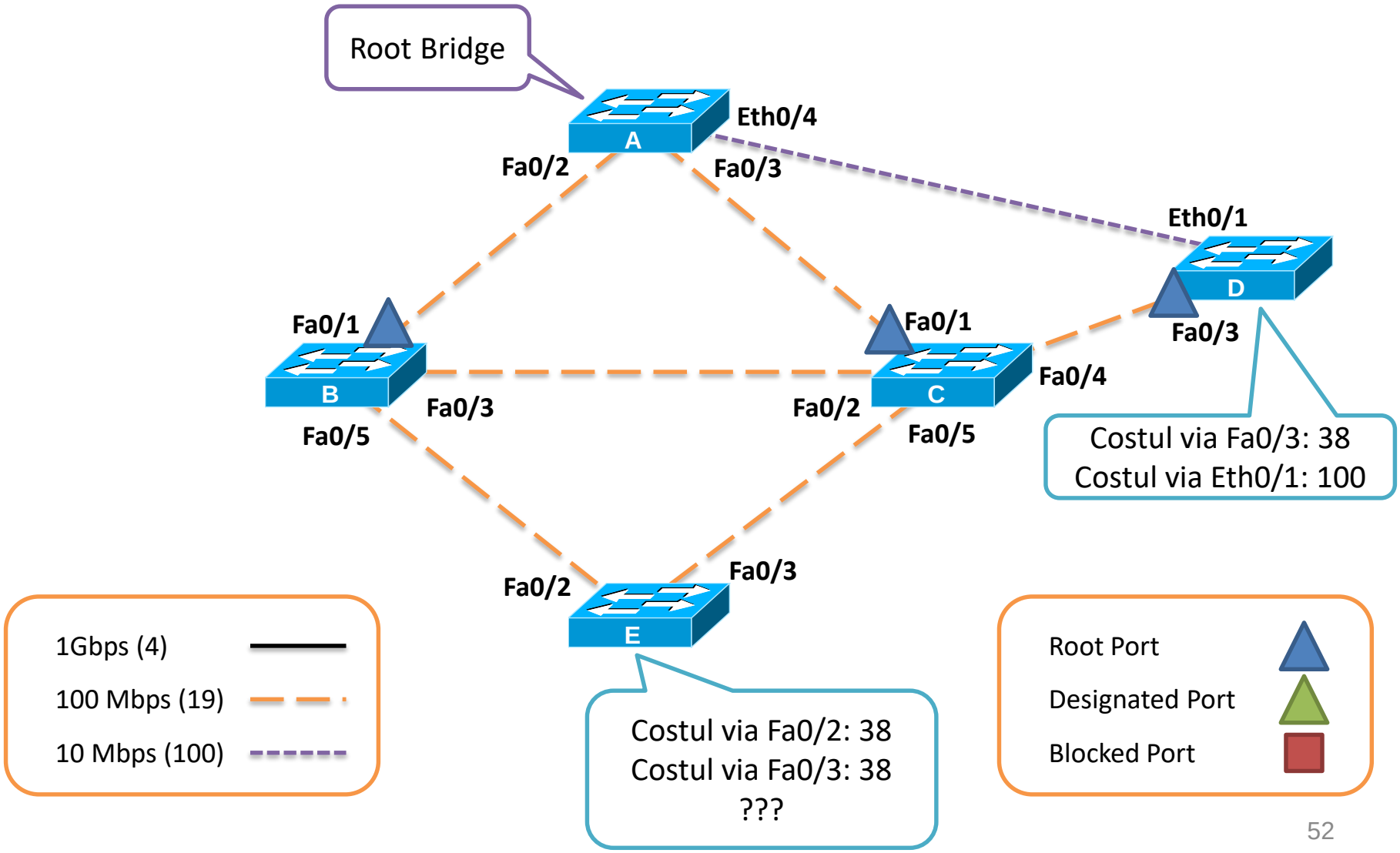
Nume	Prioritate	MAC
A	32768	00E0.A3C9.6AB8
B	32768	0001.97DA.86E8
C	32768	00D0.BC0C.844D
D	32768	0003.E496.C80E

Nume	Prioritate	MAC
A	16384	00E0.A3C9.6AB8
B	32768	0001.97DA.86E8
C	8192	00D0.BC0C.844D
D	16384	0003.E496.C80E
E	8192	0060.2F07.EB2B
F	8192	0060.7058.D0A5

  - **R: B** în prima situație. **E** în a doua situație.

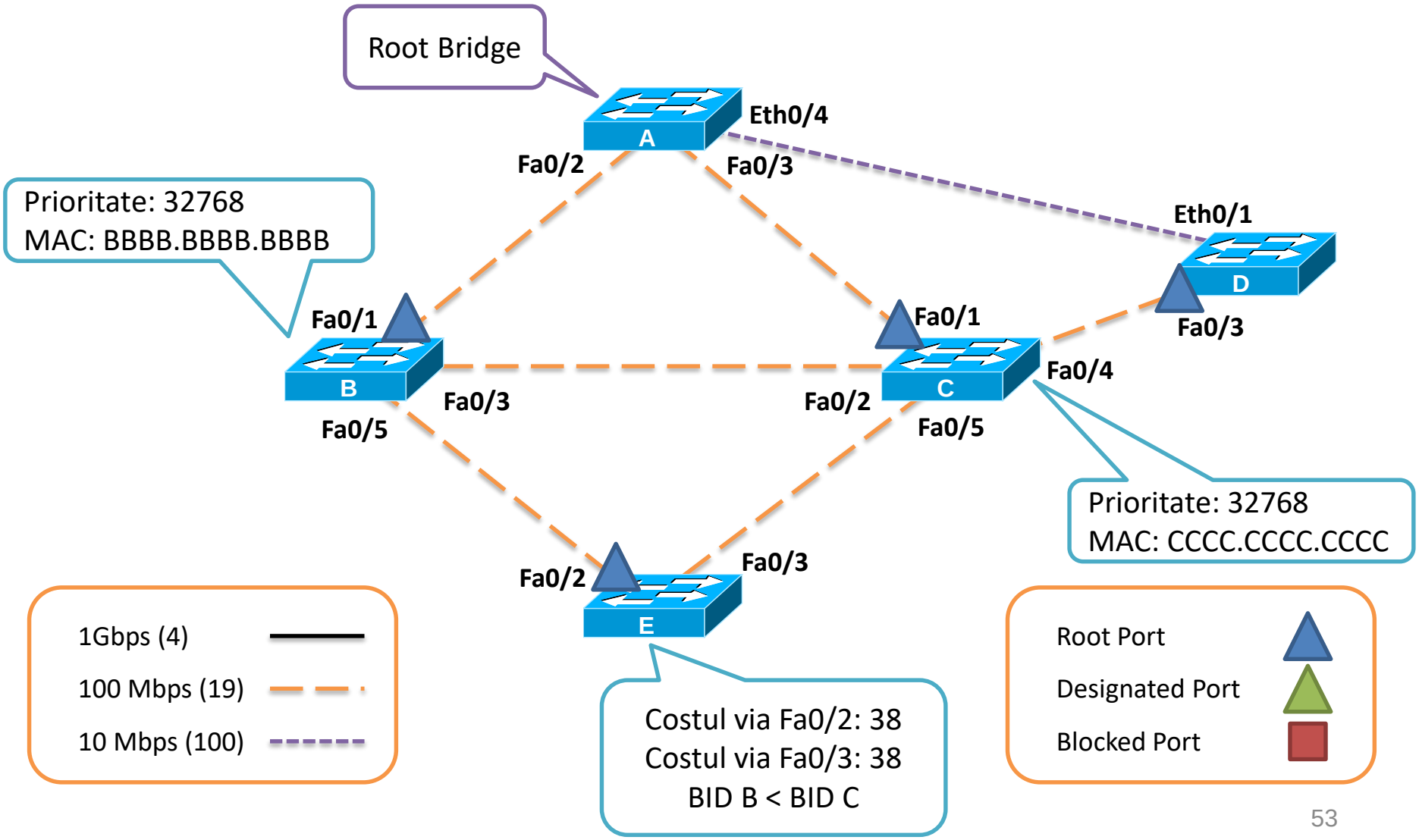
Pasul 2: Root ports

- Fiecare switch non-root trebuie să aibă un **root port**



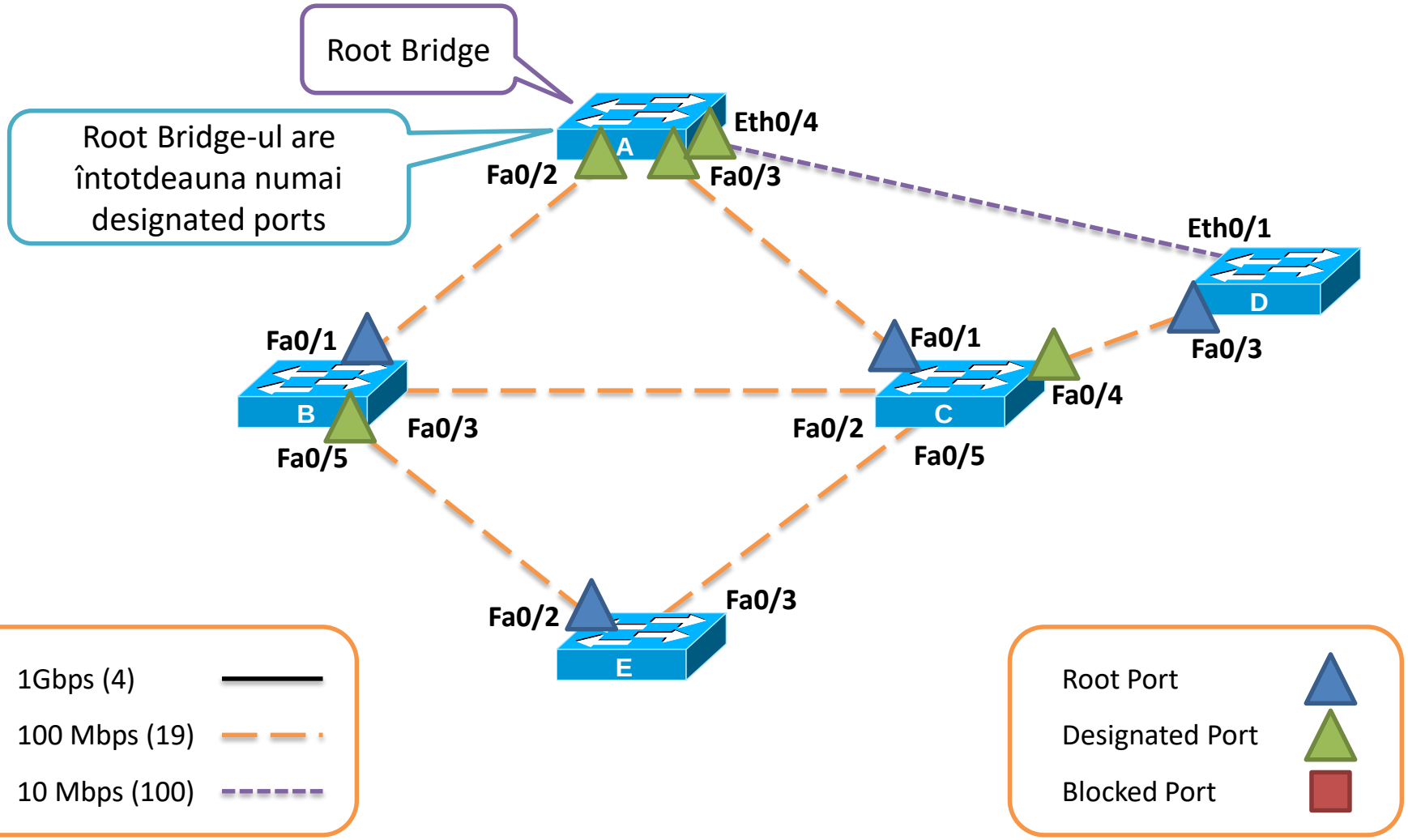
Pasul 2: Root ports - tiebreaker

- Bridge-ul E va decide root port-ul pe baza BID-ul vecinului



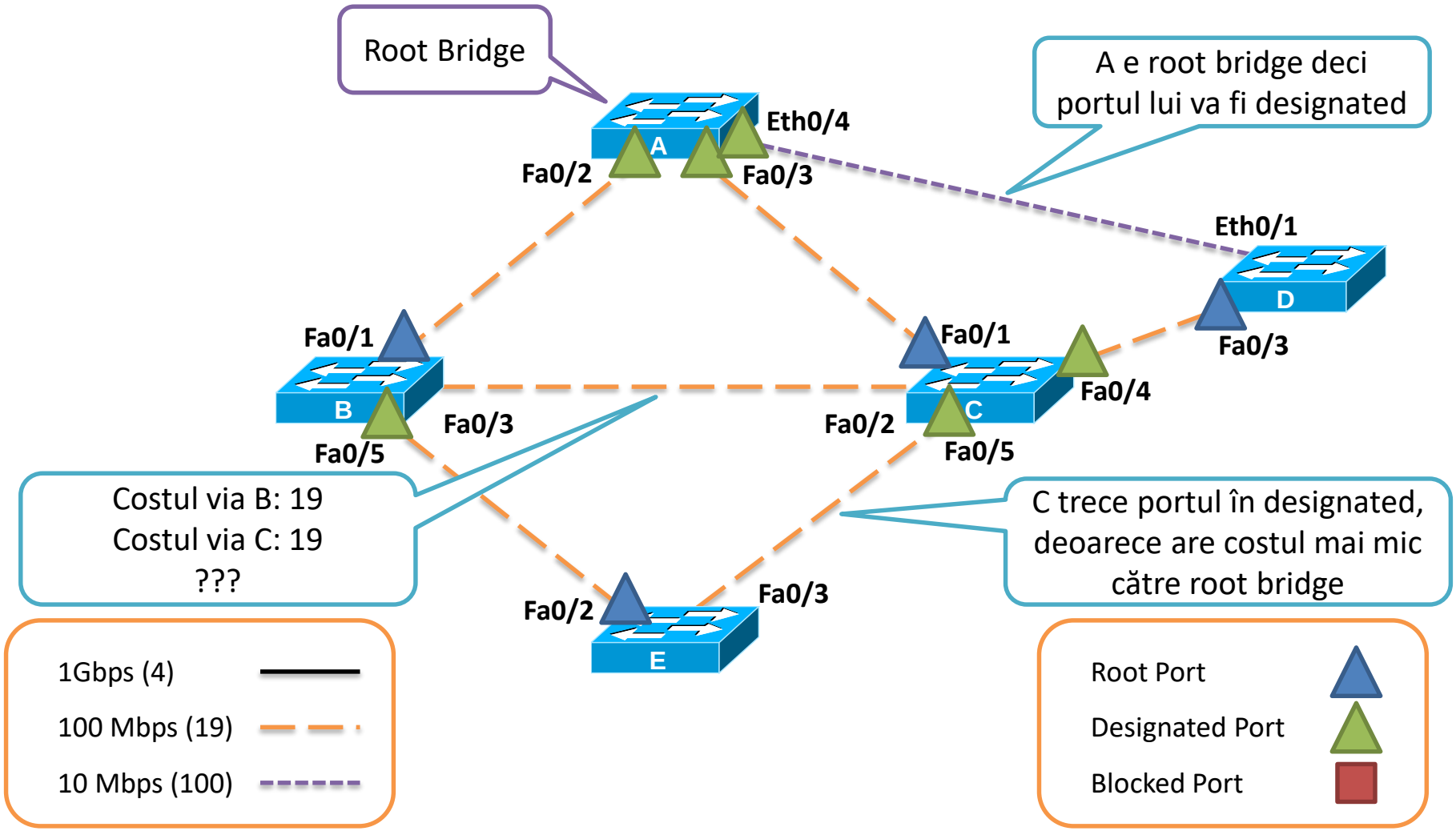
Pasul 3: Designated ports

- Un **root port** este cuplat pe link cu un **designated port**



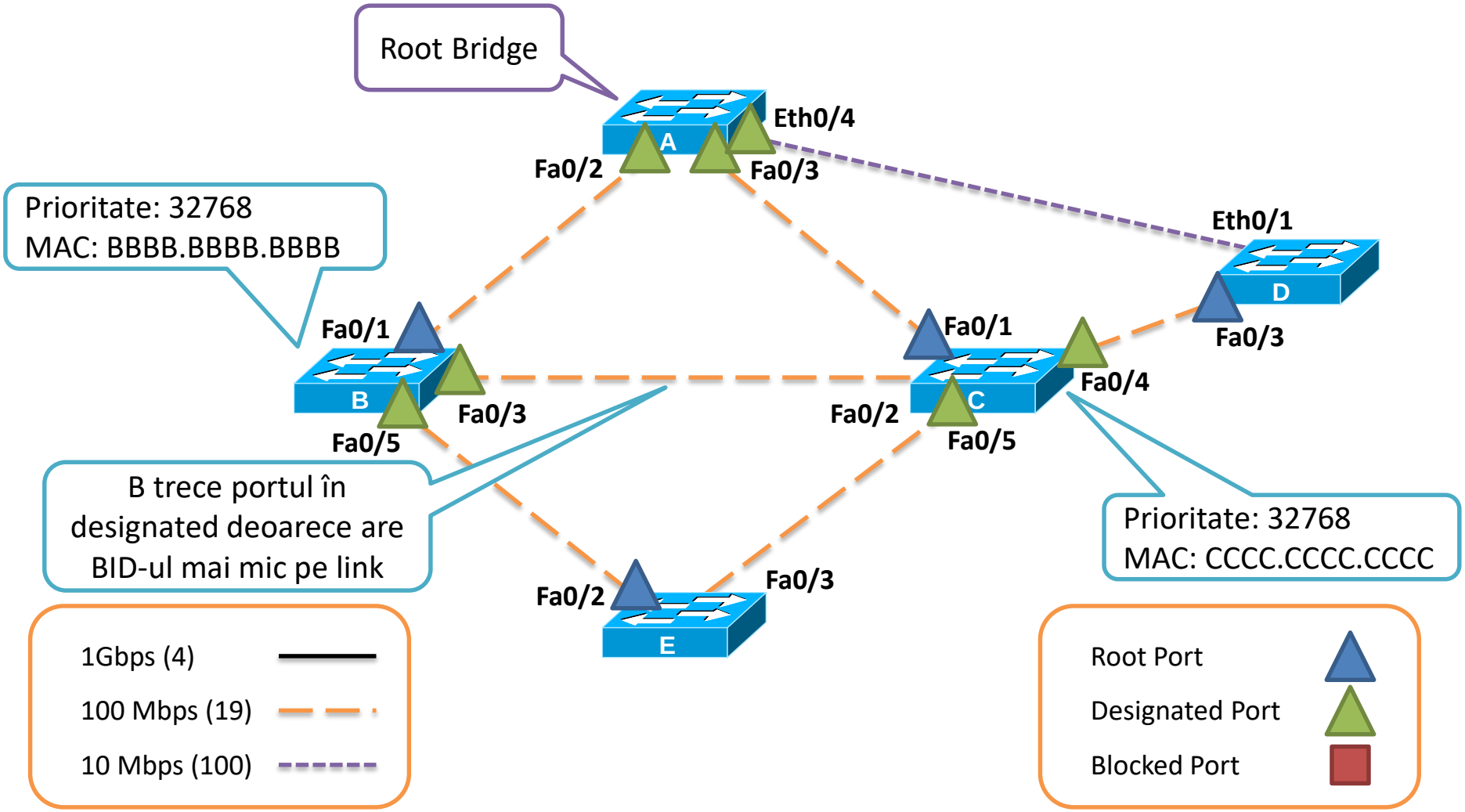
Pasul 3: Designated ports

- Pe fiecare legătură trebuie să existe un designated port



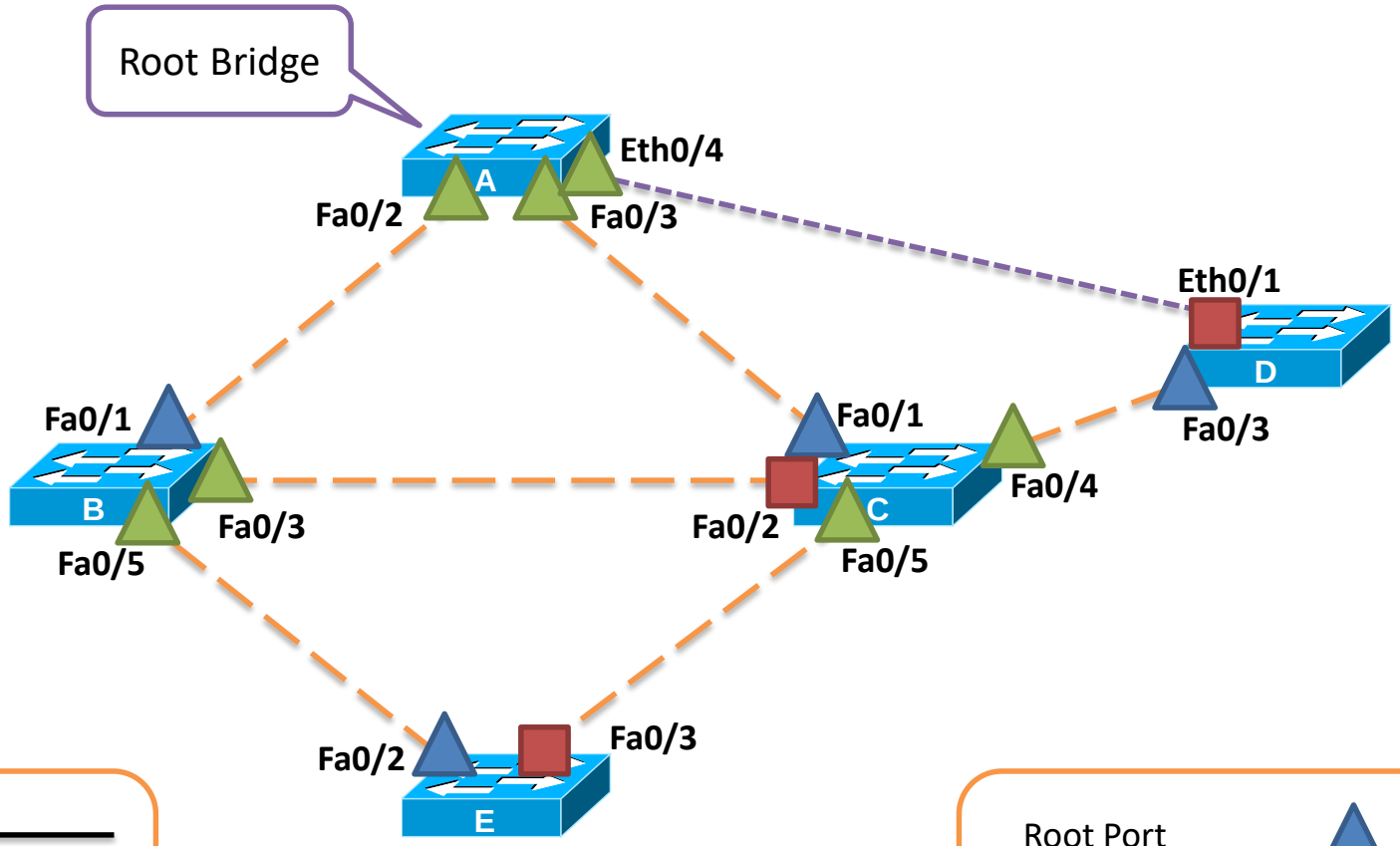
Pasul 3: Designated ports - tiebreaker

- Pe fiecare legătură trebuie să existe un designated port

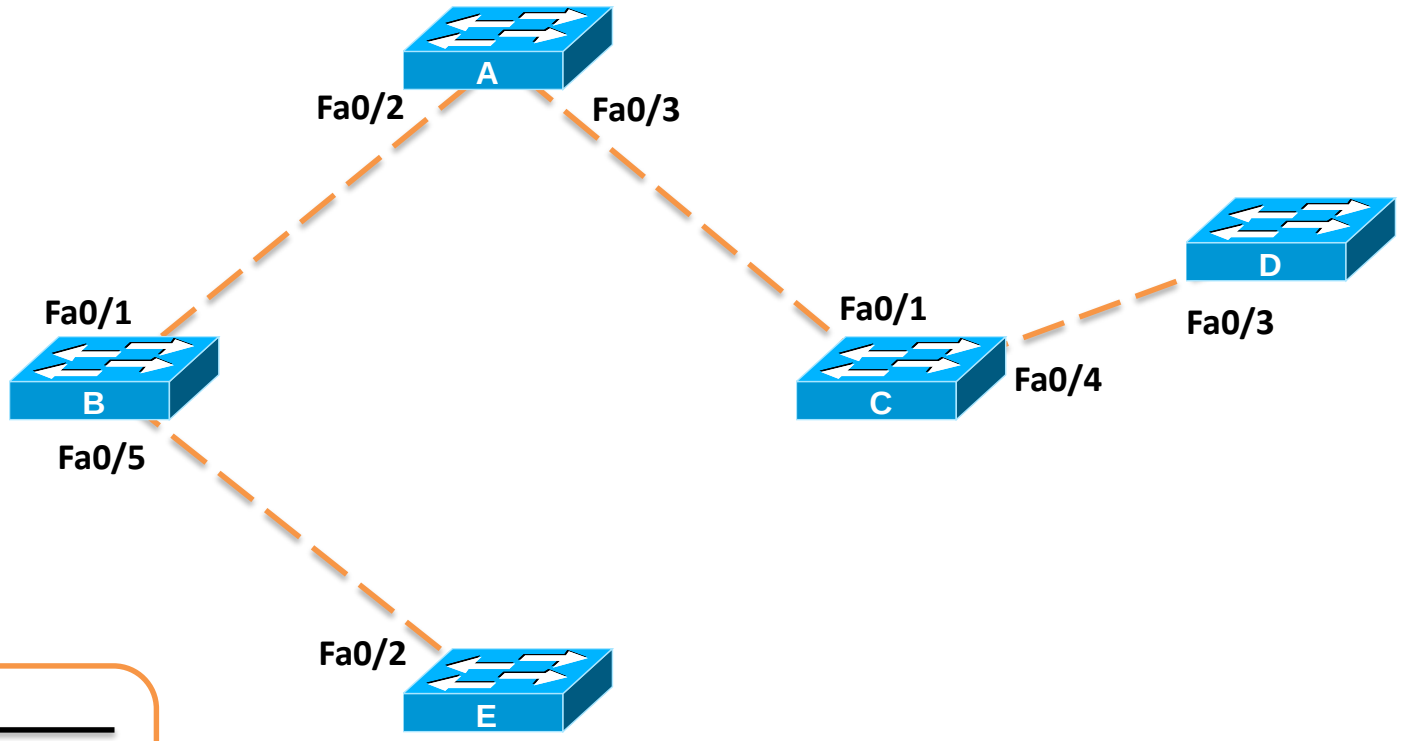


Pasul 4: Blocked ports

- Toate porturile rămase sunt **blocked ports**

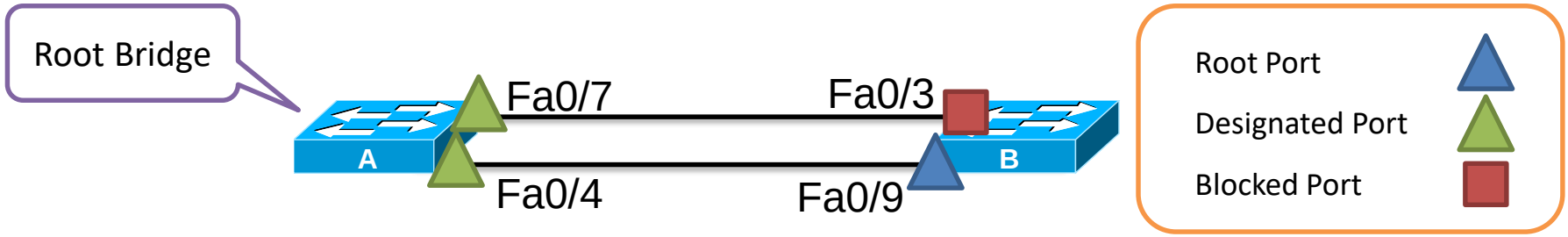


Topologie logică finală



Un ultim tiebreaker

- Poate apărea situația în care costurile și BID-urile sunt egale:



- Pentru această situație se definește conceptul de PID (Port ID), care este un număr format din:
  - prioritatea portului (configurată static de administrator)
  - indexul portului (de exemplu 7 pentru Fa0/7)
- Va fi folosită legătura care are PID-ul mai mic pe bridge-ul mai prioritar (root bridge, cost minim către root, BID mai mic)
- În cazul acesta, Fa0/9 devine root port deoarece Fa0/4 are un port id mai mic decât Fa0/7

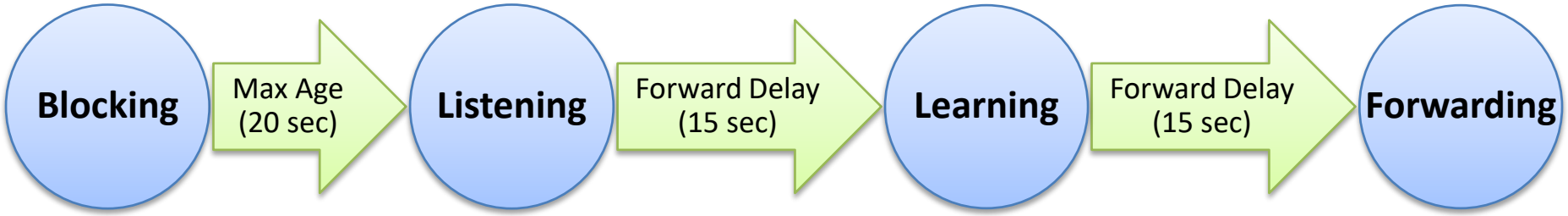
Stări Porturi în STP

- În decursul STA, un port face tranziția între mai multe stări:

Stare port	Acțiune la nivel de Switch	Acțiune la nivel de Port
Disabled	Nu se acceptă nici un fel de trafic	Nu se transmit cadre Nu se transmit BPDU-uri
Blocking	Se primesc doar BPDU-uri	Nu se transmit cadre Se primesc BPDU-uri
Listening	Se construiește topologia STP	Nu se transmit cadre Se transmit BPDU-uri
Learning	Se construiește tabela de adrese MAC	Nu se transmit cadre Se învață adrese MAC Se transmit BPDU-uri
Forwarding	Se transmite traficul normal	Se transmit cadre Se învață adrese MAC Se transmit BPDU-uri

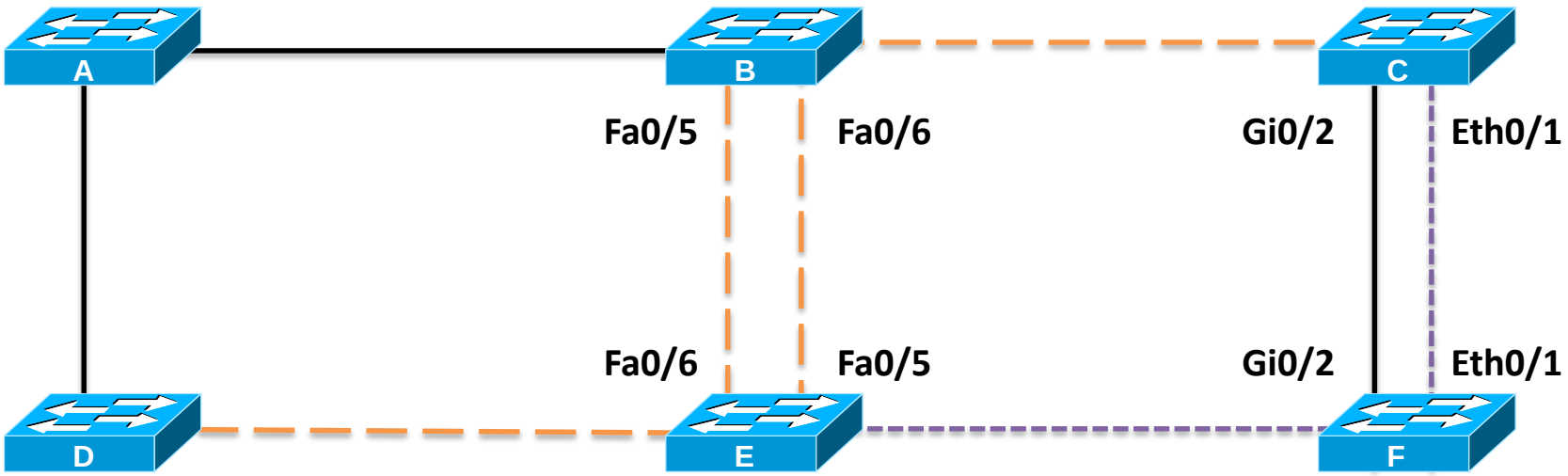
Timpi de tranziție

- Timere de tranziție
  - stabilite de root bridge
  - **Hello time**: 2 sec
  - **Forwarding delay**: 15 sec
  - **Max Age**: 20 sec

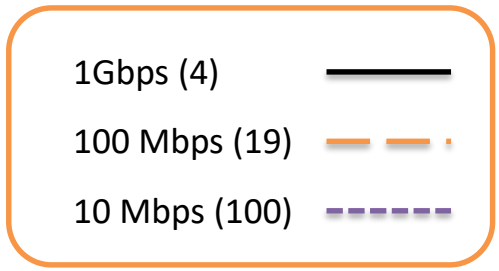


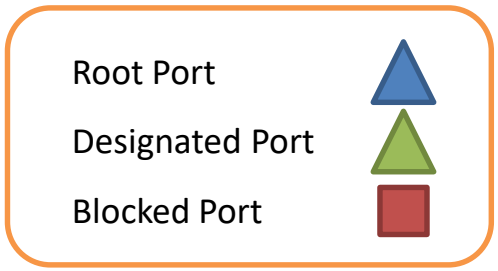
  - timp total de convergență: 50 sec

Exemplu

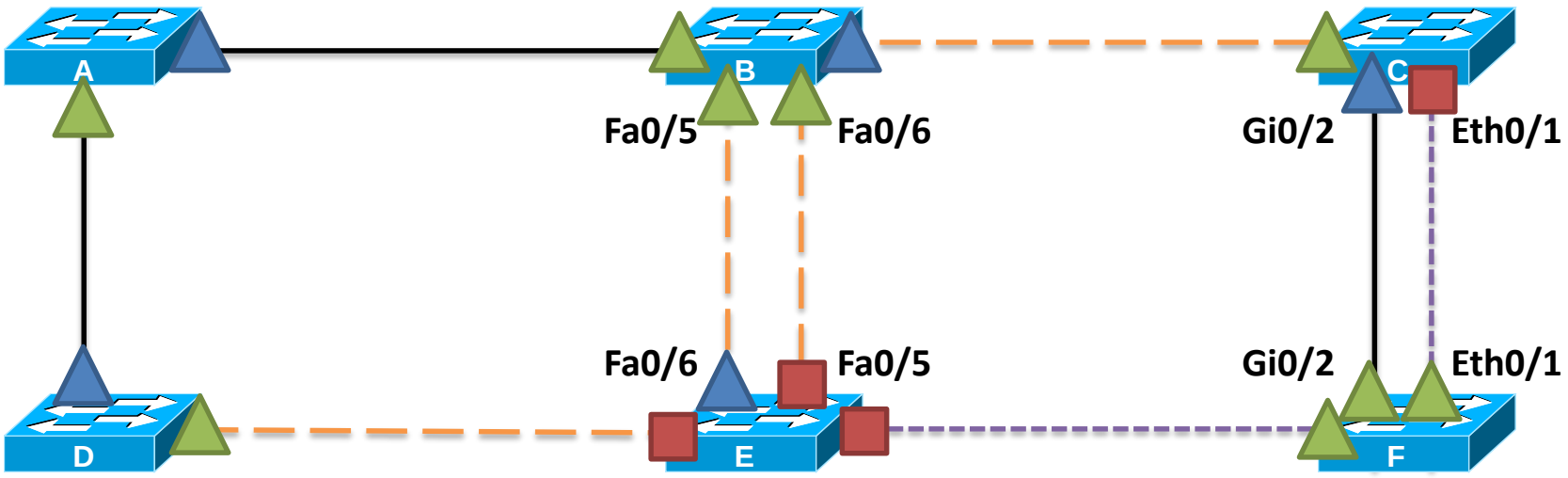


Nume	Prioritate	MAC
A	16384	00E0.A3C9.6AB8
B	32768	0001.97DA.86E8
C	8192	00D0.BC0C.844D
D	16384	0003.E496.C80E
E	8192	0060.7058.EB2B
F	8192	0060.702E.D0A5

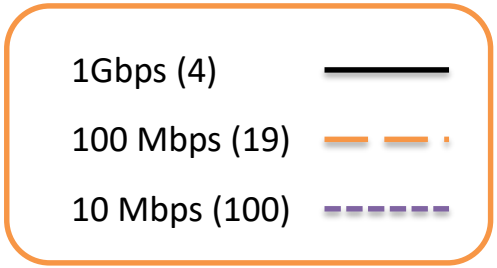


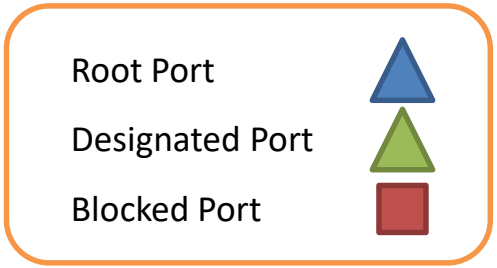


Exemplu



Nume	Prioritate	MAC
A	16384	00E0.A3C9.6AB8
B	32768	0001.97DA.86E8
C	8192	00D0.BC0C.844D
D	16384	0003.E496.C80E
E	8192	0060.7058.EB2B
F	8192	0060.702E.D0A5

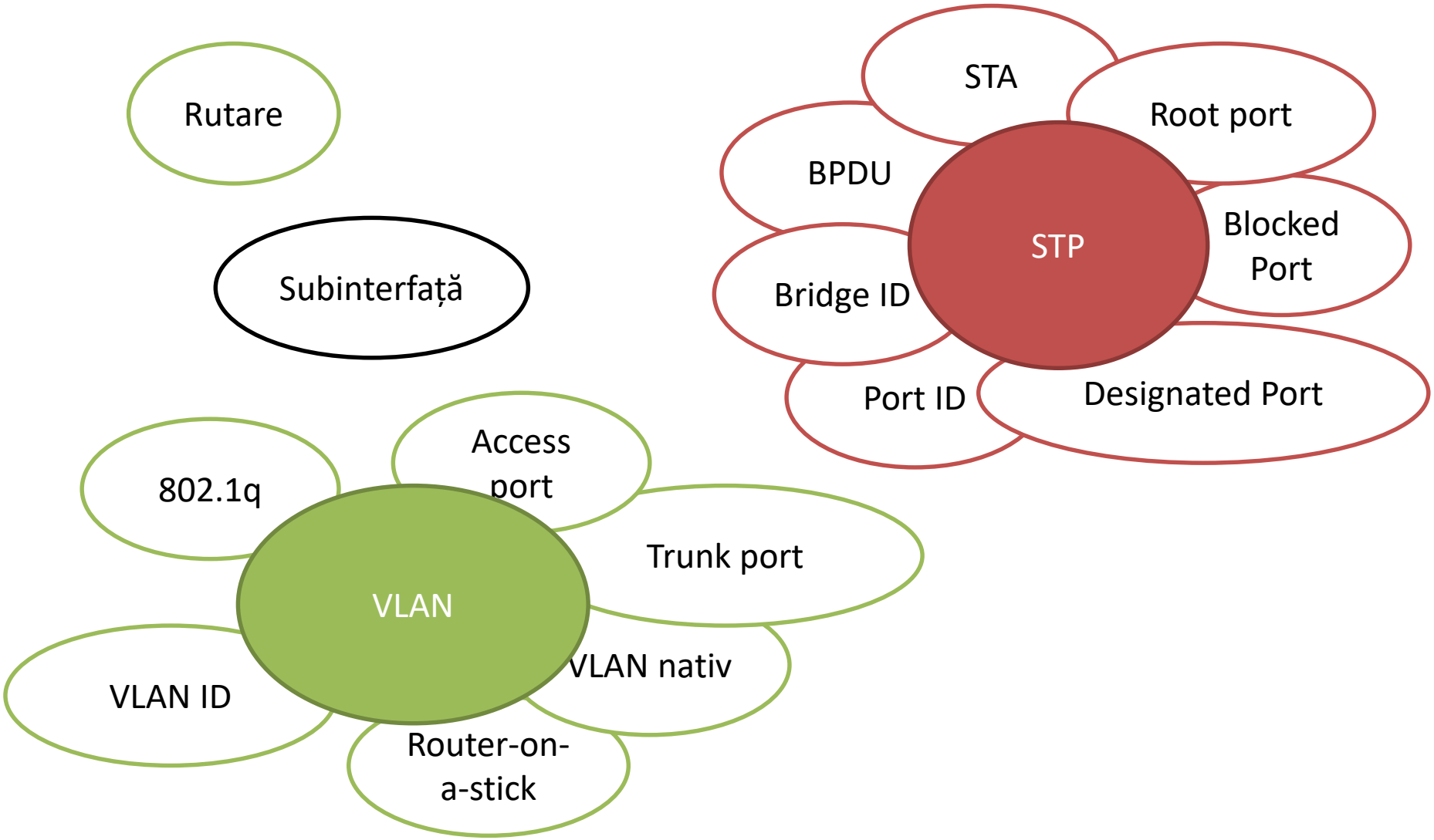




Variante STP

- Deoarece calculele STP durează foarte mult, s-a introdus RSTP care are o viteză de calcul a arborelui mult mai bună
- Deoarece VLAN-urile separă domeniile de broadcast, deși există bucle fizice pot să nu fie bucle logice
- Pentru a funcționa în rețele cu VLAN-uri, au fost introduse variante noi de STP:
  - PVST, RPVST (Cisco)
  - MSTP (IEEE)

Cuvinte cheie



The End

?