



UNIVERSITY OF ŽILINA  
Faculty of Management Science  
and Informatics

# Redundancia v LAN

## SN (ccna3) - Chapter 3: STP, CCNA, v7

Pavel Segeč

Katedra informačných sietí

FRI UNIZA



Networking  
Academy



## Čo nás dnes čaká ...

- **Redundancia v prepínaných sieťach**
  - Problémy s redundanciou
  - Idea Spanning Tree Protocol
    - IEEE802.1D
  - Rapid Spanning Tree Protocol
    - IEEE 802.1W



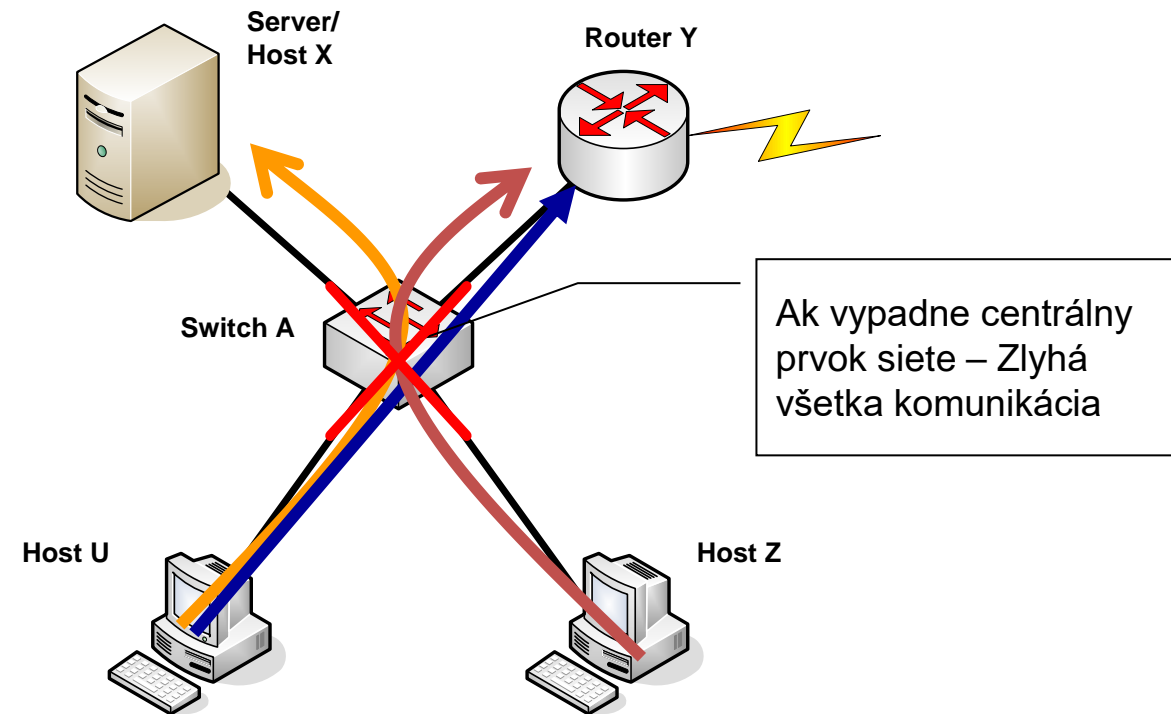
# Redundancia, problémy s ňou a STP varianty

# Činnosť LAN prepínačov - Transparent bridging

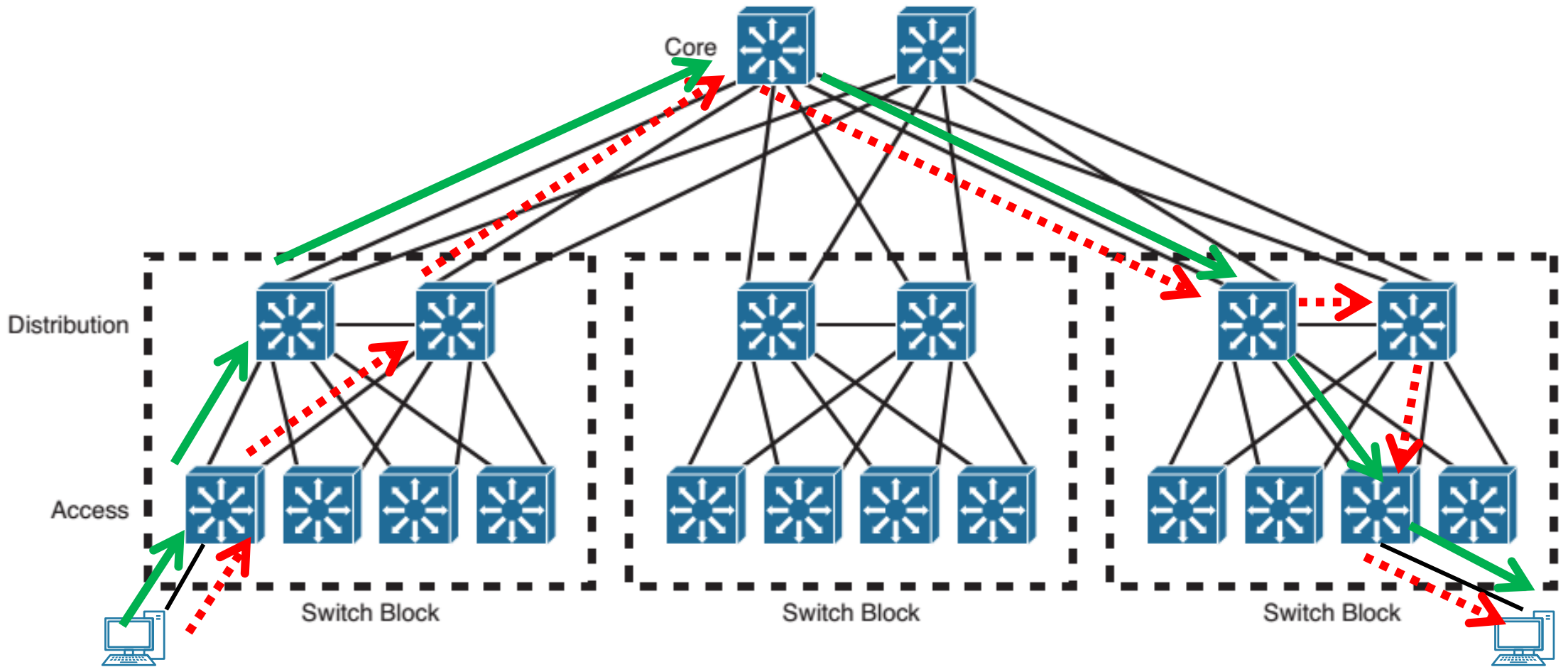
- Majte na pamäti, že:
  - Prepínač pracuje ako „transparent bridge“,
    - t.j. pre koncové zariadenie je transparentný (PC o jeho existencii na sieti nevie)
  - Rámec sa prechodom cez prepínač nemodifikuje (nemění)
  - Prepínač sa učí adresy „počúvaním“ komunikácie na portoch a sledovaním zdrojovej adresy
  - Prepínač musí preposielať záplavovo
    - Všetky broadcast rámce
      - Broadcast flooding
    - Všetky rámce na jemu neznámu cieľovú adresu (unknown unicast)
      - Unicast flooding
  - Ethernet na úrovni štandardu nemá prostriedky na poskytovanie redundancie!!
    - Na L1 a L2 je riešená zdvojením liniek a zariadení
- Nasadzovaný typ topológií = HVIEZDA (fyzická aj logická)

# Chýbajúca redundancia

- LAN sieť bez redundancie
  - Centrálny bod chyby
    - **SPOF** - „Single point of failure“
- Sieť potrebuje redundanciu:
  - *Cieľom redundantnej topológie je eliminovať sieťové výpadky spôsobené výpadkom centrálnych prvkov siete*
  - Fyzická redundancia = Existencia záložných prvkov a ciest
    - Pre zvýšenie spoľahlivosti a dostupnosti komunikačnej služby
  - Redundancia (redundancy) je minimum pre vysoko dostupnú sieť a služby
    - Sú potrebné ešte techniky na „**resiliency**“



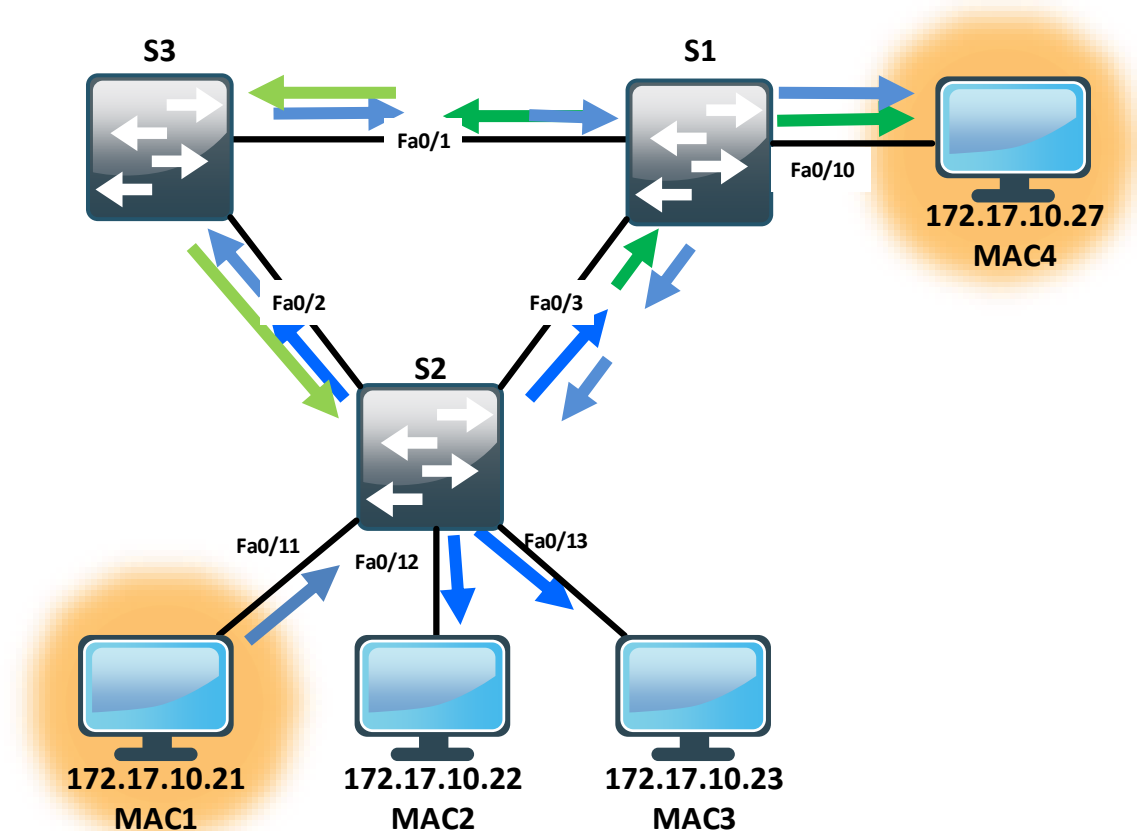
# Redundantná prepínaná topológia na L1-L2



- Bežný prepínač nemá prostriedky na poskytovanie redundancie!!
  - Na L1 a L2 je riešená zdvojením liniek a zariadení

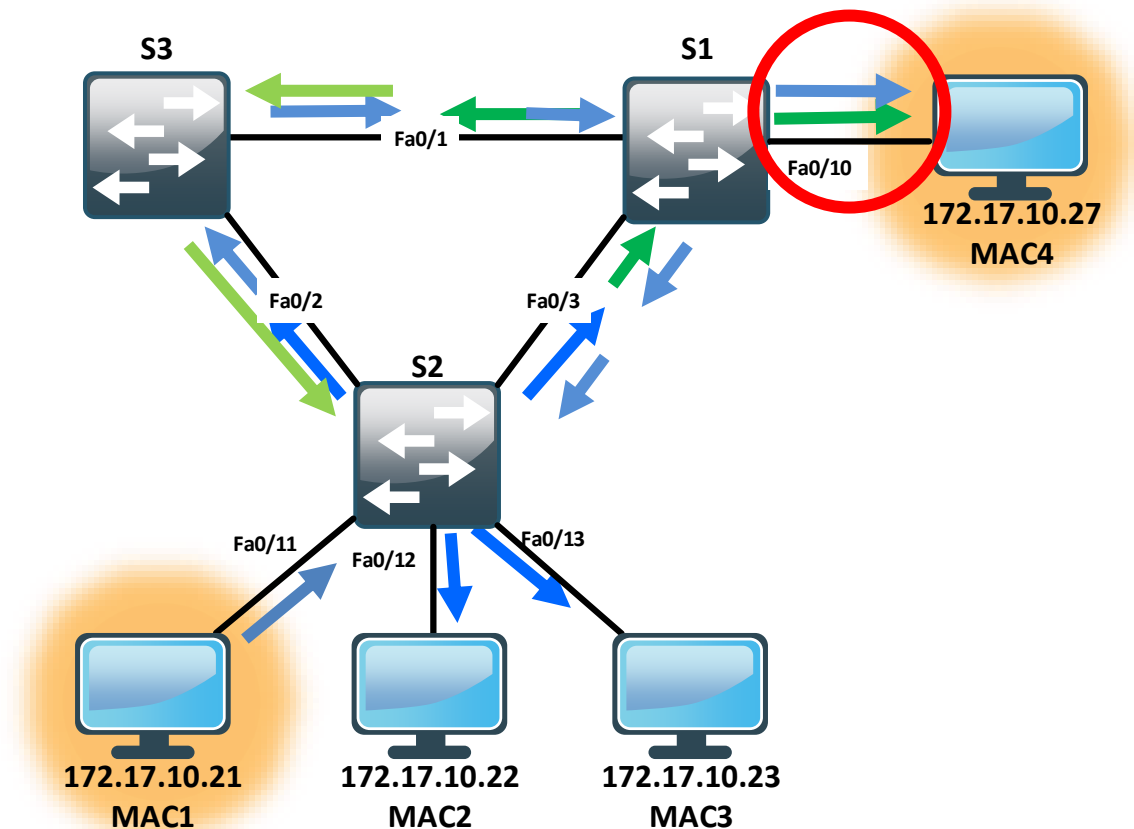
## Nestabilita CAM tabuľky

- Modelová situácia 1-A
  - PC1 => PC2 posiela **unicast** rámec
  - Prepínacie tabuľky prepínačov sú prázdne
- Čo sa stane?
  - Unicast flooding
  - MAC adresa **MAC1** sa objaví každú chvíľku vždy na inom porte prepínača
  - Prepínač musí aktualizovať CAM tabuľku – prepisovanie
- Kedy to skončí?



# Duplicita rámcov

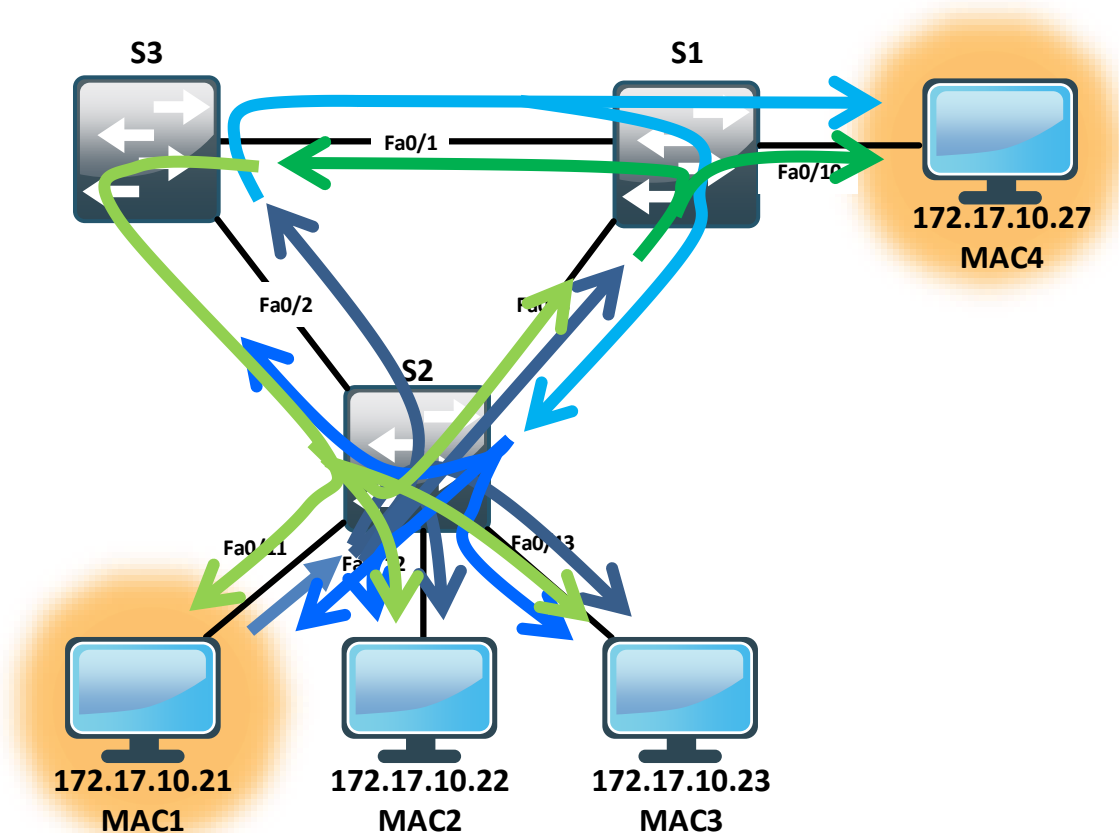
- Modelová situácia 1-B
  - PC1 => PC2 posiela **unicast** rámec
  - Prepínacie tabuľky prepínačov sú prázdne
- Koľko rámcov prijme PC4?
  - Duplicita rámcov
  - Väčší processing na PC4
    - Viac menej v pohode – obslúži to NIC karta PC4



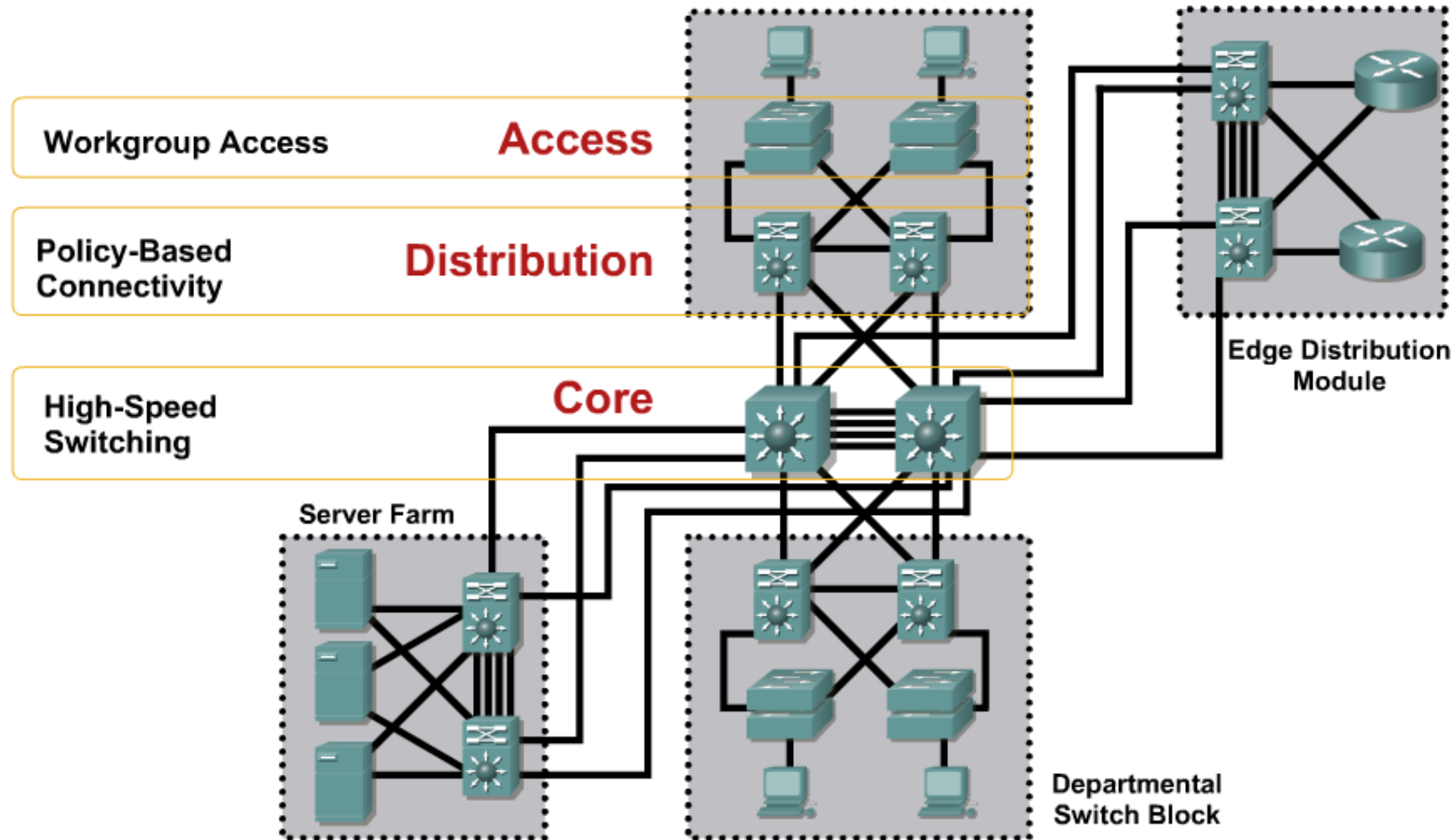


# „Broadcastové búrky“ – najväčší problém

- Modelová situácia 2
  - PC1 => PC2 posiela **broadcast** rámec (napr. ARP)
- V čom je problém?
  - Ethernet nemá TTL
  - Zacyklenie v preposielaní Ethernet rámcov a ich kopírovanie
  - = **KOLAPS SIETE !!**



# Trojvrstvový hierarchický sieťový dizajn (model campus siete)



# Riešenie fault tolerance - STP

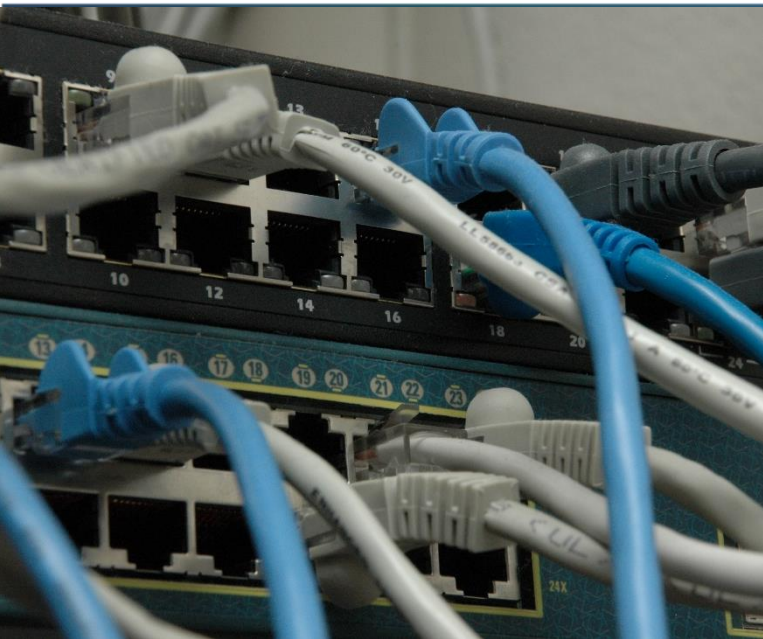
## ■ Problém:

- Musíme riešiť L1/L2 redundanciu pridávaním redundantných prvkov do siete
- Ale potom však vznikajú topologické L2 slučky:
  - Existuje viac ciest medzi uzlami siete (zdroj, prijímač)
  - L2 zariadenie ich samo o sebe nerieši

## ■ Dôsledok

- => problémy s konektivitou, duplicity, broadcastové búrky
- => môže dôjsť k zrúteniu siete

- Bezpečné riešenie vzniknutých slučiek = rodina protokolov ***Spanning Tree Protocol*** (STP)



# Spanning Tree Protocol (STP)

**I think that I shall never see  
A graph more lovely than a tree.**  
A tree whose crucial property  
Is loop-free connectivity.  
A tree that must be sure to span  
So packets can reach every LAN.  
First, the root must be selected.

...

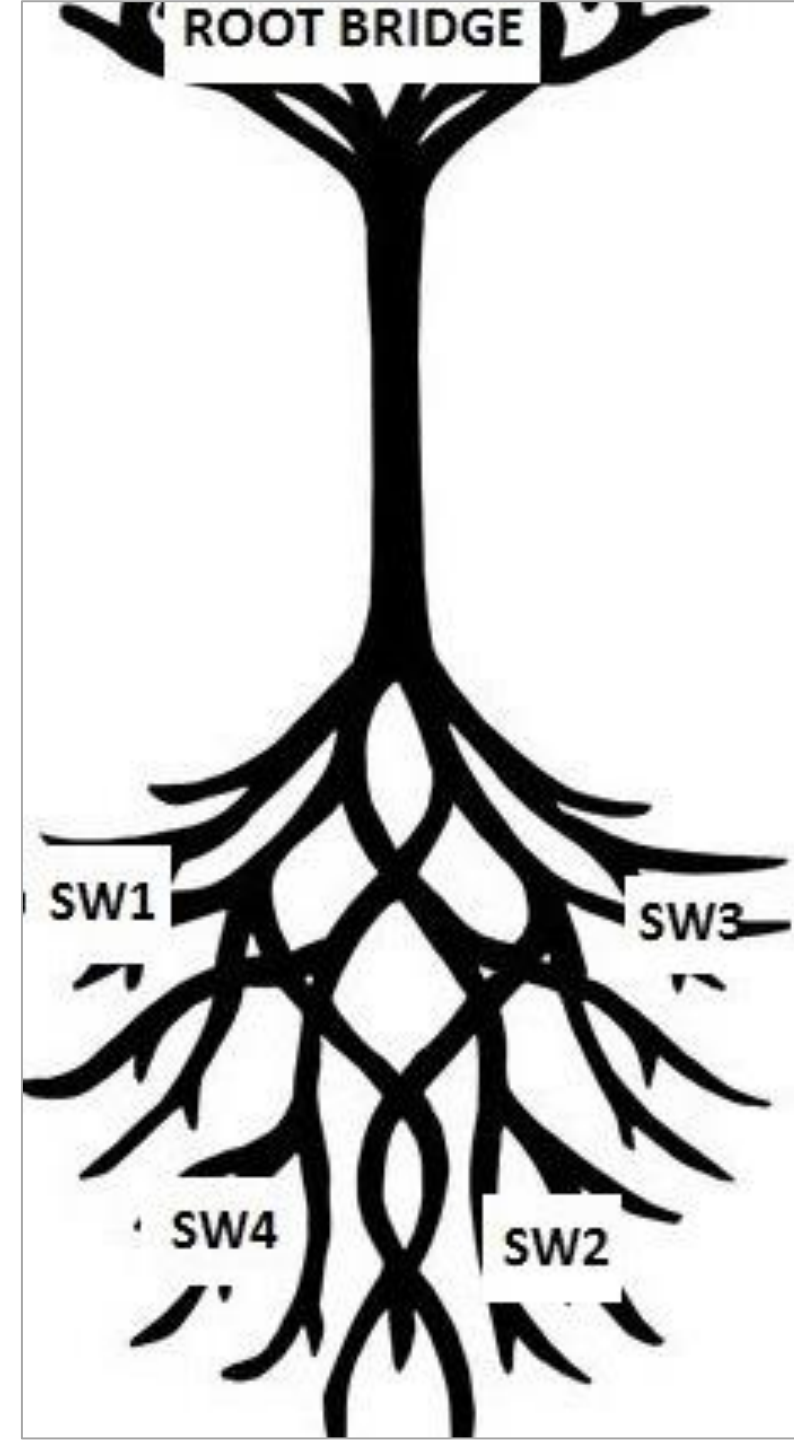
...

By ID, it is elected.  
Least-cost paths from root are traced.  
In the tree, these paths are placed.  
A mesh is made by folks like me,  
Then bridges find a spanning tree.

*Radia Perlman*

# Spanning Tree Protocol (STP)

- Štandardizovaný ako IEEE 802.1d
- Pracuje na L2 vrstve
- Zabraňuje vzniku slučiek v prepínaných sieťach
  - Automaticky deteguje redundantné linky a tie blokuje
  - Do každého cieľa len jedna cesta
  - Ochrana voči broadcast búrkam a problémom s konektivitou
- Umožňuje prepínačom navzájom spolu komunikovať
  - Posielaním BPDU rámcov (každé 2 sekundy)
- Používa Spanning Tree Algorithmus (STA)
  - Tento volí v sieti referenčný bod, ROOT prepínač (RB)
  - Ostatné prepínače si určujú najlepšiu cestu k RB
    - Na základe ceny (rýchlosti) linky tvoriacej cestu
  - Ak sú dve cesty
    - lepšia (superior) je AKTÍVNA
    - horšia (inferior) je BLOKOVANÁ
  - STP tvorí tzv. „strom“



# STP umožňuje

- Prepínače komunikujú cez špeciálne STP rámce (BPDU - Bridged Protocol Data Unit) za účelom:
  1. **krok:** Volia Root Bridge (RB)
    - Referenčný bod stromu, je len jeden
  2. **krok:** Volia ROOT ports
    - Porty najbližšie k Root-ovy
  3. **krok:** Určujú Designated porty a non-Designated pre každý segment
    - Designated: In-Out
    - Non-designated: temporary blocked
- Výsledok = Bezslučková (***LOOP FREE***) topológia
  - Ktorá dokáže aktívne prehodnocovať aktuálnu topológiu a reagovať na zmeny v sieti
  - Jedna topológia pre celú prepínanú sieť, alebo pre všetky VLAN v nej

# Formát 802.1D BPDU rámca (IEEE 802.3 LLC SNAP)

```

+ Frame 1 (60 bytes on wire, 60 bytes captured)
- IEEE 802.3 Ethernet
  + Destination: spanning-tree-(for-bridges)_00 (01:80:c2:00:00:00)
  + Source: Cisco_9e:93:03 (00:19:aa:9e:93:03)
    Length: 38
    Trailer: 000000000000000000
+ Logical-Link Control
- Spanning Tree Protocol
  Protocol Identifier: Spanning Tree Protocol (0x0000)
  Protocol Version Identifier: Spanning Tree (0)
  BPDU Type: Configuration (0x00)
  + BPDU flags: 0x01 (Topology Change)
    Root Identifier: 24577 / 00:19:aa:9e:93:00
    Root Path Cost: 0
    Bridge Identifier: 24577 / 00:19:aa:9e:93:00
    Port identifier: 0x8003
    Message Age: 0
    Max Age: 20
    Hello Time: 2
    Forward Delay: 15
  
```

Dva typy BPDU:

- Configuration
  - Posielané každé 2 sek.
- Topology Change Notification (TCN)

**RID:** Kto je root bridge

**Cost:** Ako ďaleko je root bridge

**BID:** Aké je ID prepínača, ktorý poslal BPDU

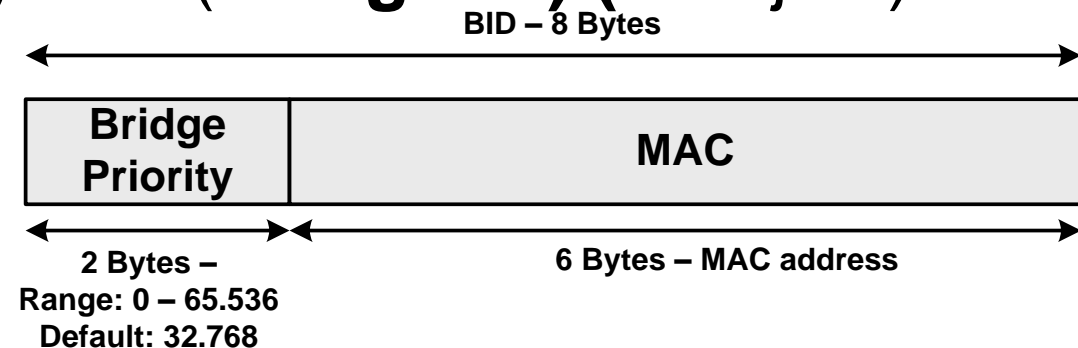
**PID:** Cez ktorý port odosielateľa tento BPDU odišiel.

- Pozn. Po zapnutí prepínača **Root ID = Bridge ID**
- Každý prepínač si pamätá posledné najlepšie BPDU

# STP Bridge Identity (BID) a Cost

## ■ Každý prepínač: Je identifikovaný **BID (Bridge ID) (8 Bajtov)**

- 2B: Priority
  - Môže nastaviť administrátor
  - Default: 32768
- 6B: MAC adresa
  - MAC adresa prepínača



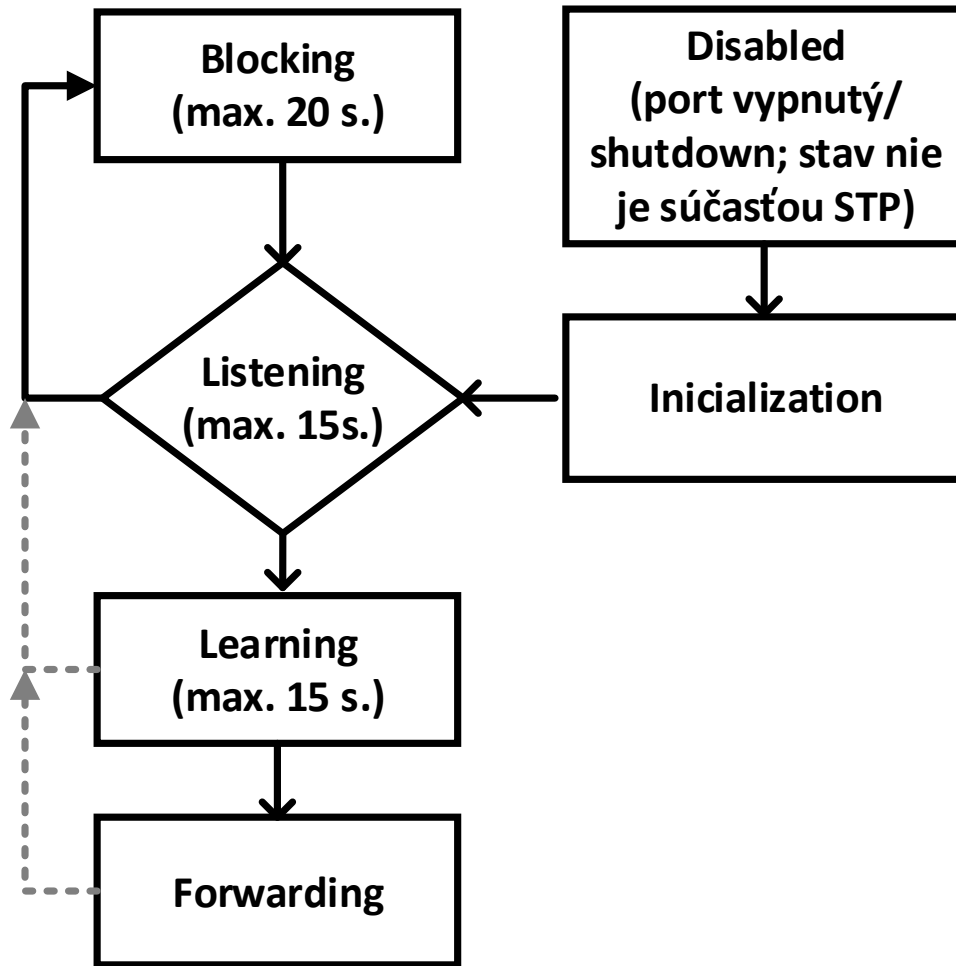
## ■ Každý port prepínača:

- Má pridelený identifikátor (**Port Identifier**)
  - Jedinečný v rámci prepínača
- Má pridelenú cenu (**Path Cost**)
  - Na základe rýchlosti rozhrania
- Má pridelenú prioritu portu (**Port Priority**)
  - Def. 128

Link speed	Cost (Revised IEEE spec)	Cost (Previous IEEE spec)
10 Gbps	2	1
1 Gbps	4	1
100 Mbps	19	10
10 Mbps	100	100



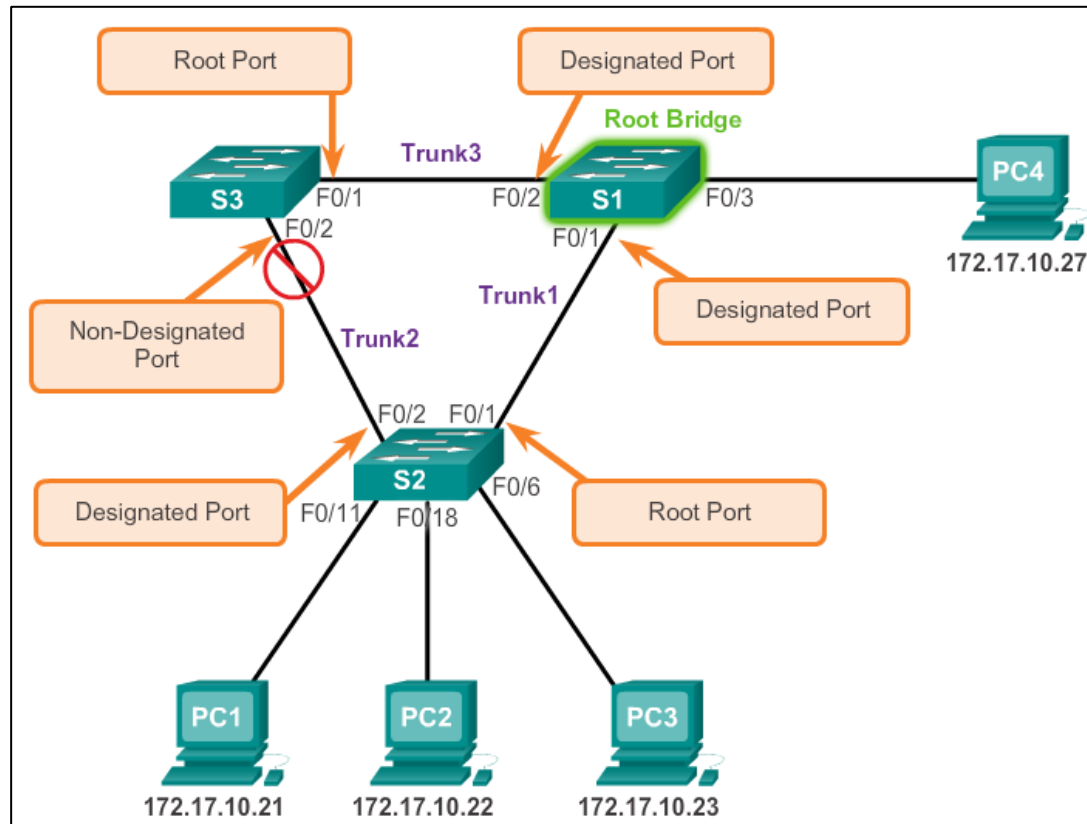
# Stavy portov



Pozn. Def. stav po oživení portu je listening

- **Disabled:** administratívne down
- **Blocking:**
  - Prijíma a spracováva BPDU, ale nepreosiela ich ďalej.
  - Neprijíma a nespracováva dátové rámce.
  - Pri nepriamej chybe v ňom ostáva Max Age timer (20sec.) (Zistenie Root BID a úloh portov)
- **Listening:**
  - Prijíma, spracováva a preosiela BPDU (info. že port je pripravený pracovať v aktivnej topo)
  - Neprijíma a nespracováva dátové rámce (neučí sa MAC adresy)
- **Learning:**
  - Prijíma, spracováva a preosiela BPDU
  - Prijíma ale nepreosiela dátové rámce
    - Učí sa však MAC adresy (bude **Bridging table**)
- **Forwarding:**
  - Prijíma, spracováva a preosiela BPDU
  - Prijíma, spracováva a preosiela dátové rámce

# Role (úlohy) portov v STP topológii



Rola	Popis
<b>Root Port</b>	Port na <b>non-root prepínačoch</b> . Je to port na najkratšej ceste k Root Bridge. Existuje len jeden Root Port pre prepínač.  Je v stave <b>FORWARDING</b> .
<b>Designated Port</b>	Existuje aj na RB aj na non-RB. Je to port, ktorý forwarduje data smerom k RB. Na RB všetky porty sú Designated. Na non-RB len jeden per segment, ak viac prepínačov musí byť voľba.  Je v stave <b>FORWARDING</b> .
<b>Non Designated Port</b>	Port spôsobuje slučku. Je v stave <b>BLOCKING</b> , neforwarduje žiadne užív. dáta.
<b>Disabled Port</b>	Port ktorý je <b>SHUT DOWN</b> .

# STP časovače

<b>Hello Time</b>	Čas medzi dvomi BPDU poslanými cez port. Default je 2 s. Možné hodnoty <1, 10> sek.
<b>Forward delay</b>	Čas strávený v Listening a Learning stave. Def. Je 15 sek. Možné hodnoty <4, 30> sek.
<b>Maximum age</b>	Čas, na ktorý si prepínač per port ukladá najlepšie prijaté BPDU. Def. je 20, možné hodnoty <6, 40> sek.  Ak do jeho uplynutia neprijaté BPDU – iniciovaná nová voľba RB.

# Rozhodovací proces používaný pri porovnávaní BPDU

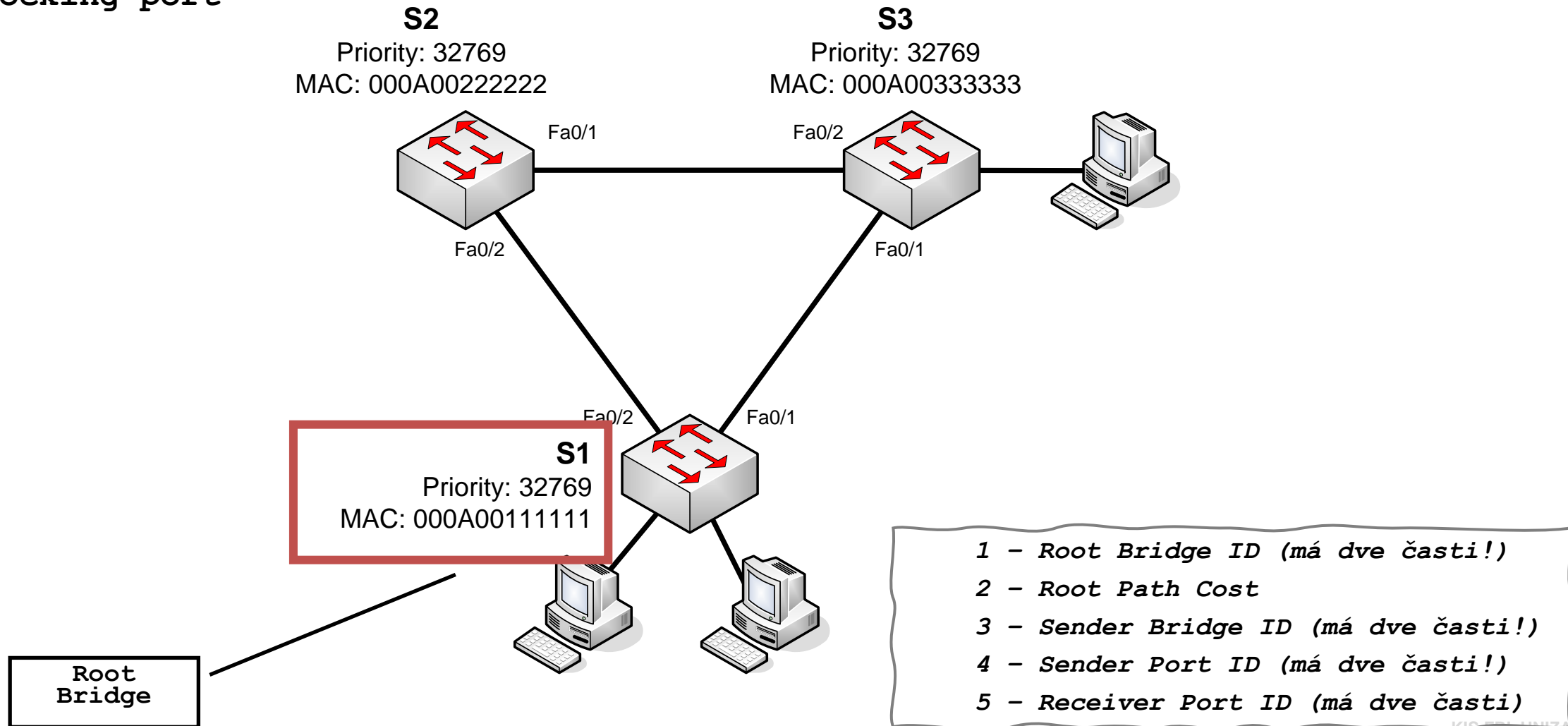
- Každý prepínač pri STP
  - Sa rozhoduje sám za seba
  - Má schopnosť porovnať dvojicu BPDU (prijaté versus odoslané)
  - Vyhlásiť, ktoré je lepšie (**superior**) a ktoré je horšie (**inferior**)
    - Či už per port
    - Alebo najlepšie prijaté BPDU celkovo (toto si prepínač pamätá/značí)
- BPDU sa porovnávajú v tomto poradí parametrov:
  - 1 – Root Bridge ID (má dve časti! (priorita + MAC))
  - 2 – Root Path Cost
  - 3 – Sender Bridge ID (má dve časti! (priorita + MAC))
  - 4 – Sender Port ID (má dve časti! (priorita + ID))
  - 5 – Receiver Port ID (má dve časti; porovnáva sa len výnimočne)
- Parameter N sa porovnáva len vtedy, ak sú všetky predošlé parametre zhodné
- Lepšie je to BPDU, v ktorom sa pri danom poradí porovnávaní parametrov nájde prvýkrát nižšia hodnota

## Prvý krok - voľba Root bridge (RB)

- Každý prepínač po zapnutí začne posielať STP rámce (BPDU) so svojim BID
  - Defaultne predpokladá, že RB je on sám
  - Rozposlané všetkým susedným prepínačom na UP portoch
- Ak nejaký iný prepínač:
  - Má nižšie BID ako je uvedené v prijatom BPDU rámci, rámec prepínač zahodí
  - Má vyššie BID, poznačí si lepšie BID a rámec pošle ďalej
- RB sa stane prepínač s najnižšou BID
  - Stane sa Root-om siete (začiatkom STP stromu)
    - Ovplyvňuje dátové toky v LAN/VLAN
    - Defaultne je nastavená rovnaká priorita, pri voľbe RB sa tak rozhoduje na základe MAC adresy
      - Prioritu môže zmeniť admin a ovplyvniť tak voľbu RB
      - MAC adresa sa meniť nedá

# STP – prvý krok - voľba Root bridge (RB)

- Forwarding port
- Blocking port



# STP činnosť – ďalej ...

- **Root bridge (RB)**
  - Po voľbe je v sieti len **jeden RB**
  - Je počiatkom počítaného STP stromu
    - Od RB do každého segmentu siete je len jedna cesta
    - Všetky redundantné cesty, ktoré nebudú súčasťou STP stromu sú blokované
  - Všetky porty RB sú zvyčajne designated portami
    - Špeciálny prípad je slučka sám na seba
      - Tam sú niektoré blokované
  - Začne vysielat' **BPDU s cost = 0**
- **Ďalšie kroky**
  - Určenie najkratšej cesty k RB (Root Path Cost), „root“ portov, určenie „designated“ prepínačov a „designated portov“

# STP činnosť – voľba Root Portov

- Forwarding port
- Blocking port

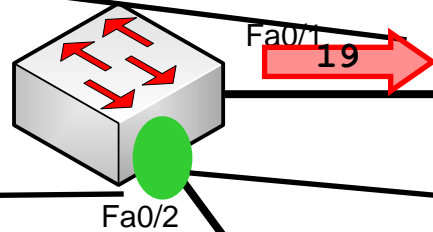
Prepínač prepošle ďalej, Cost updatnutý

Prijímajúci prepínač per port:  
- Prijatý Cost + cena portu =  
**0+19=19**

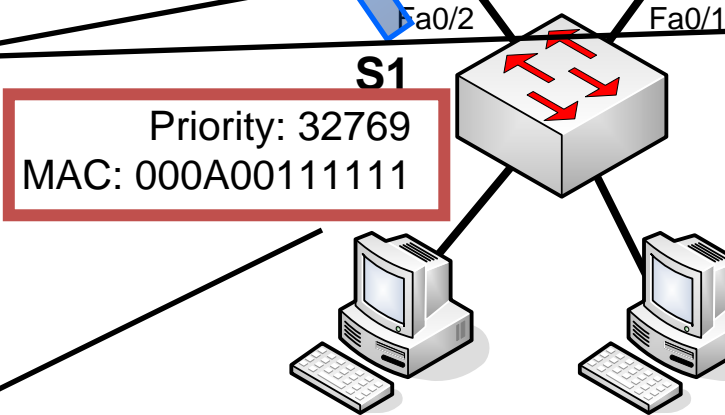
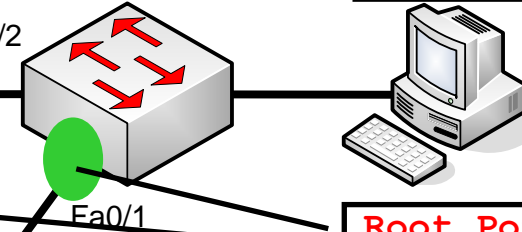
Root Bridge:  
- Pošle BPDU  
- Root Path Cost=0

Root Bridge

**S2**  
Priority: 32769  
MAC: 000A00222222

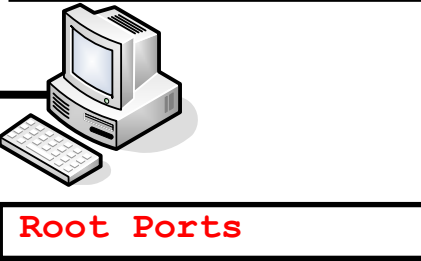


**S3**  
Priority: 32769  
MAC: 000A00333333



Prijímajúci prepínač per port:  
- Prijatý Cost + cena portu =  
**19 + 19 = 38**

Cez ktorý port som bližšie k RB?  
- Ten bude **Root Port**



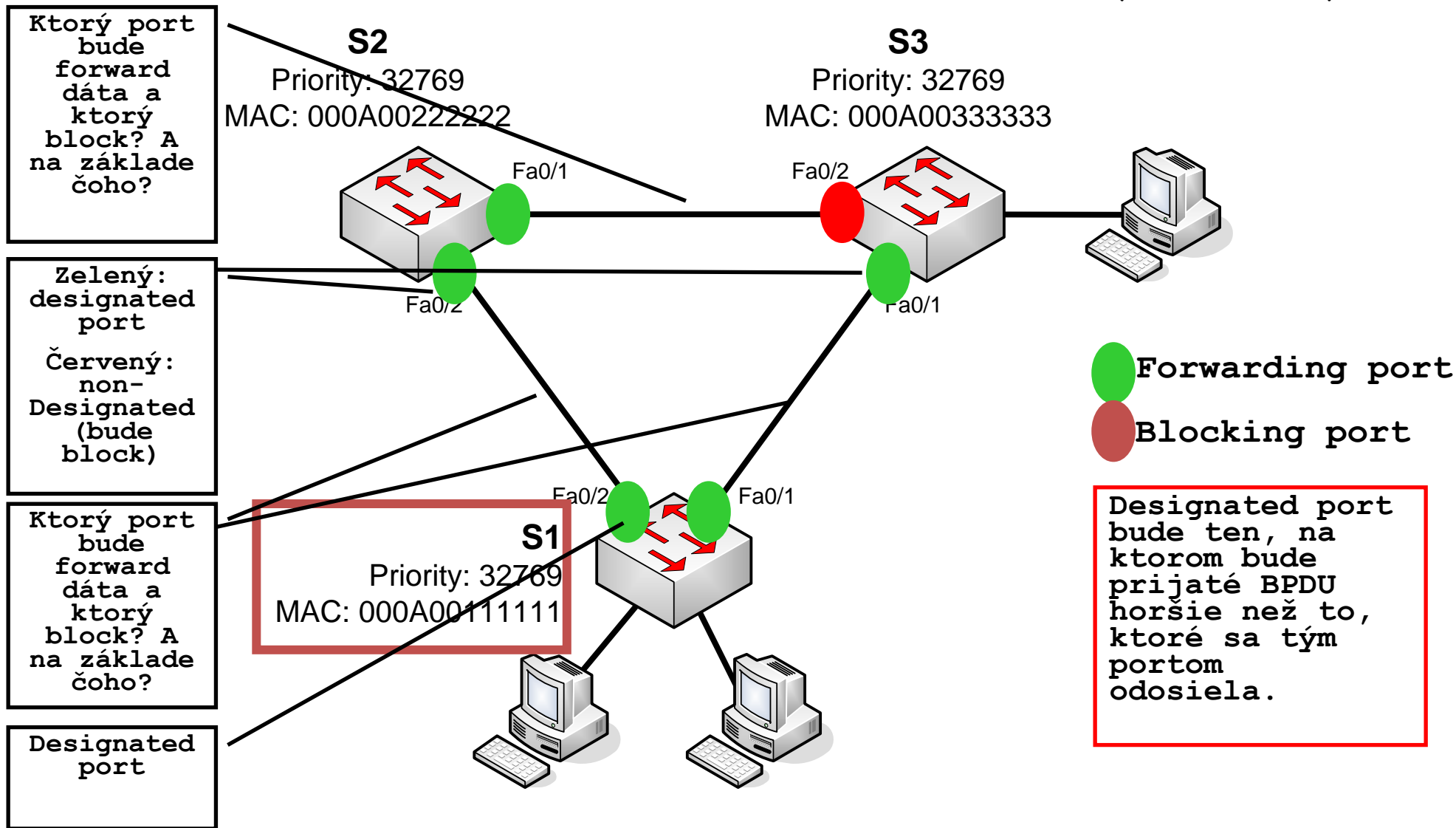
Root port je ten, ktorý spomedzi všetkých portov dostáva najlepšie BPDU (medzi sebou sa porovnávajú len prijaté BPDU).

- 1 - Root Bridge ID (má dve časti!)
- 2 - Root Path Cost
- 3 - Sender Bridge ID (má dve časti!)
- 4 - Sender Port ID (má dve časti!)
- 5 - Receiver Port ID (má dve časti)



# STP činnosť – voľba Designated portov

- 1 - Root Bridge ID (má dve časti!)
- 2 - Root Path Cost
- 3 - Sender Bridge ID (má dve časti!)
- 4 - Sender Port ID (má dve časti!)
- 5 - Receiver Port ID (má dve časti)



# Show spanning-tree na S1

```
S1#show spanning-tree
```

```
VLAN0001
```

```
Spanning tree enabled protocol ieee
```

```
Root ID      Priority      32769  
Address      000A.0011.1111
```

```
This bridge is the root
```

```
Hello Time 2 sec Max Age 20 sec Forward Delay 15 sec
```

```
Bridge ID    Priority      32769  
Address      000A.0011.1111
```

```
Hello Time 2 sec Max Age 20 sec Forward Delay 15 sec
```

```
Aging Time 20
```

```
Interface      Role Sts Cost      Prio.Nbr Type
```

```
-----  
Fa0/1          Desg FWD 19        128.1    P2p
```

```
Fa0/2          Desg FWD 19        128.2    P2p
```

# Show spanning-tree na S2

```
S2#show spanning-tree
```

```
VLAN0001
```

```
Spanning tree enabled protocol ieee
```

```
Root ID      Priority      32769
             Address      000A.0011.1111
             Cost        19
             Port        2 (FastEthernet0/2)
             Hello Time  2 sec      Max Age 20 sec      Forward Delay 15 sec
```

```
Bridge ID    Priority      32769
             Address      000A.0022.2222
             Hello Time  2 sec      Max Age 20 sec      Forward Delay 15 sec
             Aging Time  20
```

Interface	Role	Sts	Cost	Prio.Nbr	Type
-----	-----	-----	-----	-----	-----
Fa0/1	Desg	FWD	19	128.1	P2p
Fa0/2	Root	FWD	19	128.2	P2p

# Show spanning-tree na S3

```
S3#show spanning-tree
```

```
VLAN0001
```

```
Spanning tree enabled protocol ieee
```

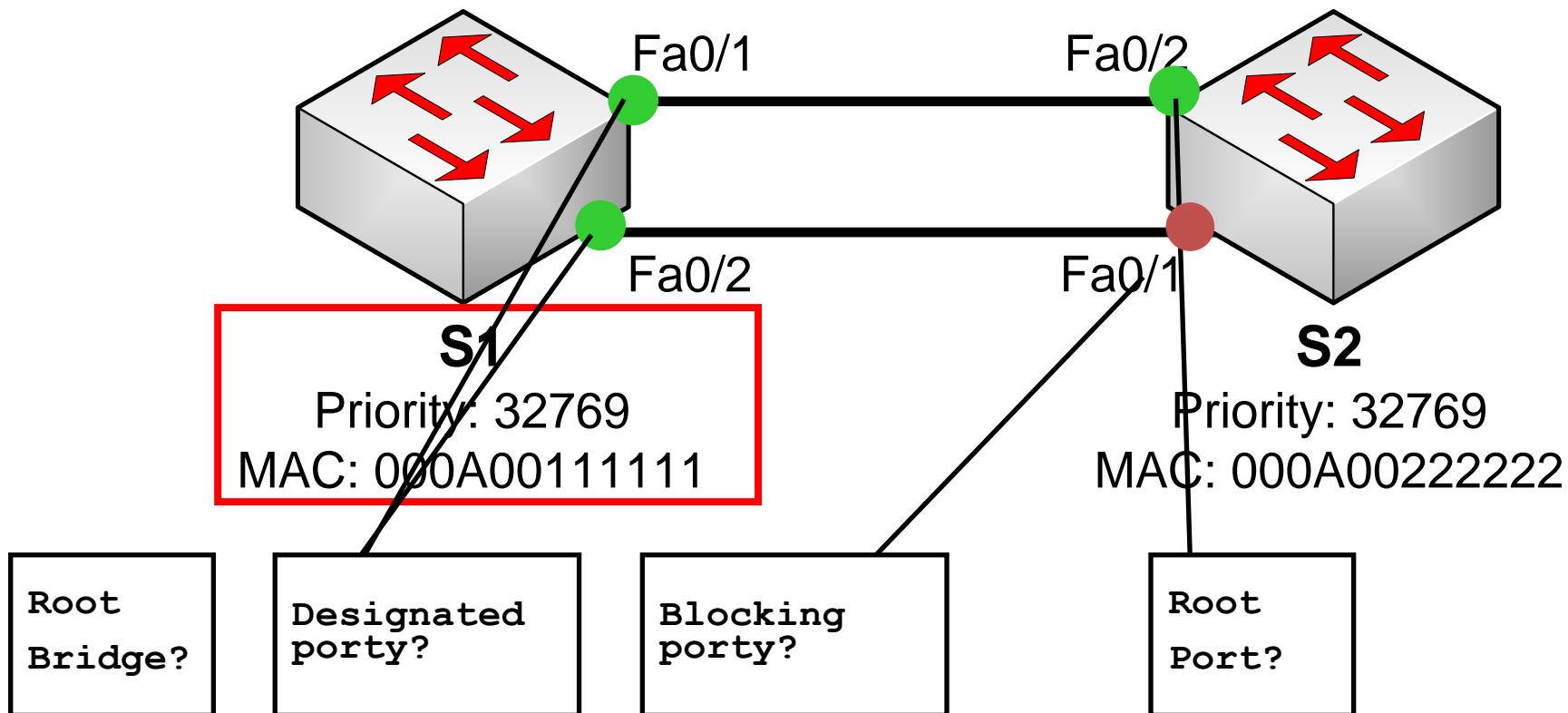
```
Root ID      Priority      32769
             Address      000A.0011.1111
             Cost        19
             Port        1 (FastEthernet0/1)
             Hello Time  2 sec    Max Age 20 sec    Forward Delay 15 sec
Bridge ID     Priority      32769
             Address      000A.0033.3333
             Hello Time  2 sec    Max Age 20 sec    Forward Delay 15 sec
             Aging Time  20
```

Interface	Role	Sts	Cost	Prio.Nbr	Type
-----	-----	-----	-----	-----	-----
Fa0/2	Altn	BLK	19	128.2	P2p
Fa0/1	Root	FWD	19	128.1	P2p

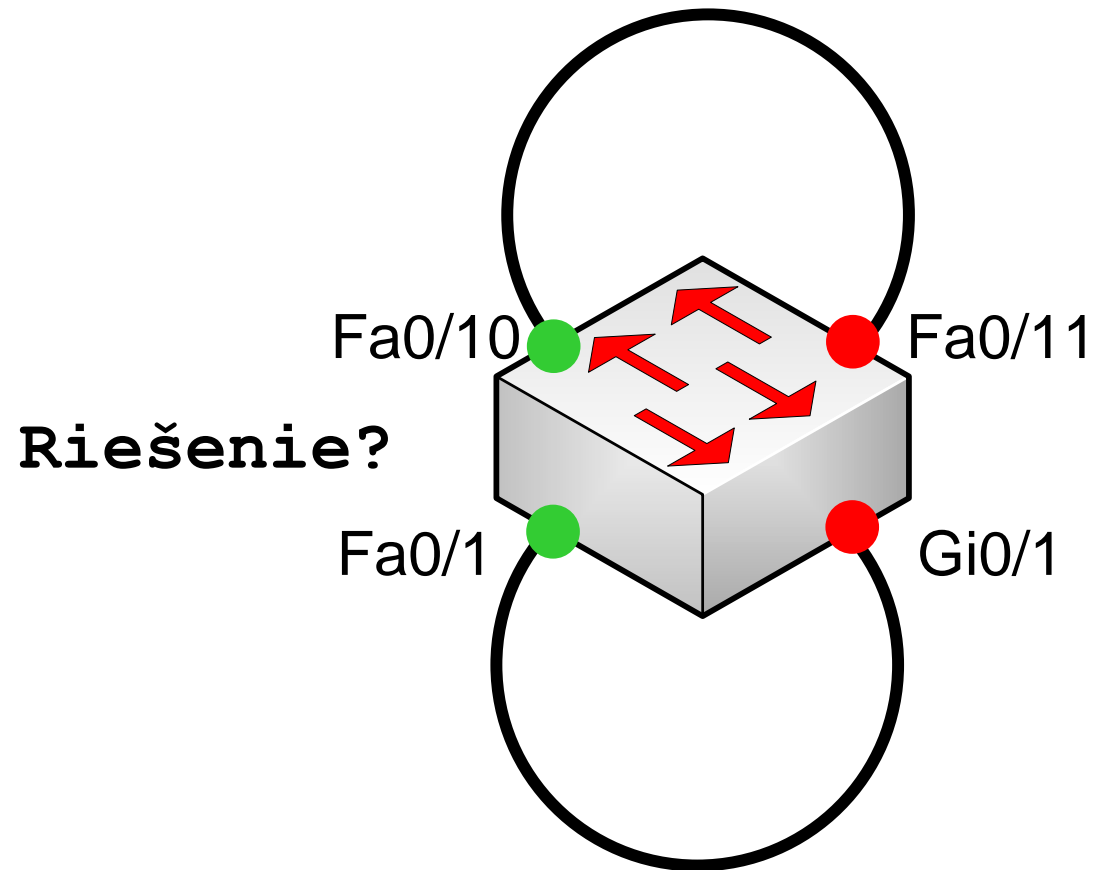
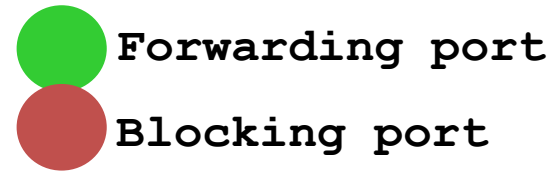
# STP činnost' - příklad 2

- Forwarding port
- Blocking port

1 - Root Bridge ID (má dve časti!)  
2 - Root Path Cost  
3 - Sender Bridge ID (má dve časti!)  
4 - Sender Port ID (má dve časti!)  
5 - Receiver Port ID (má dve časti!)



# STP činnosť – príklad 3



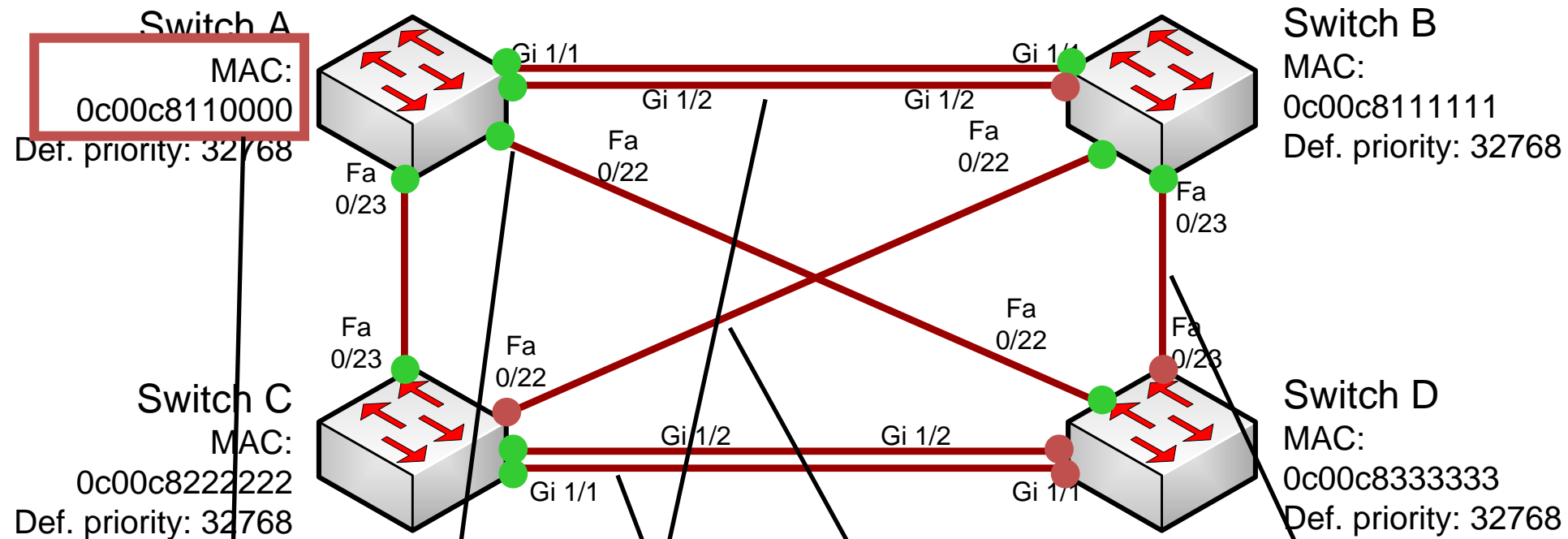
**S1**  
Priority: 32769  
MAC: 000A00111111

- 1 - Root Bridge ID (má dve časti!)
- 2 - Root Path Cost
- 3 - Sender Bridge ID (má dve časti!)
- 4 - Sender Port ID (má dve časti!)
- 5 - Receiver Port ID (má dve časti)

# STP činnosť – príklad 4

- Forwarding port
- Blocking port

- 1 - Root Bridge ID (má dve časti!)
- 2 - Root Path Cost
- 3 - Sender Bridge ID (má dve časti!)
- 4 - Sender Port ID (má dve časti!)
- 5 - Receiver Port ID (má dve časti)



SwitchA  
Root Bridge

Všetky  
porty RB  
sú  
Designated  
ports a FW

Počítanie  
best Root  
Path Cost  
(naj cesta  
k RB)

Počítanie  
designated  
prepínača  
per  
segment

Počítanie  
designated  
prepínača  
per  
segment

Počítanie  
designated  
prepínača  
per  
segment

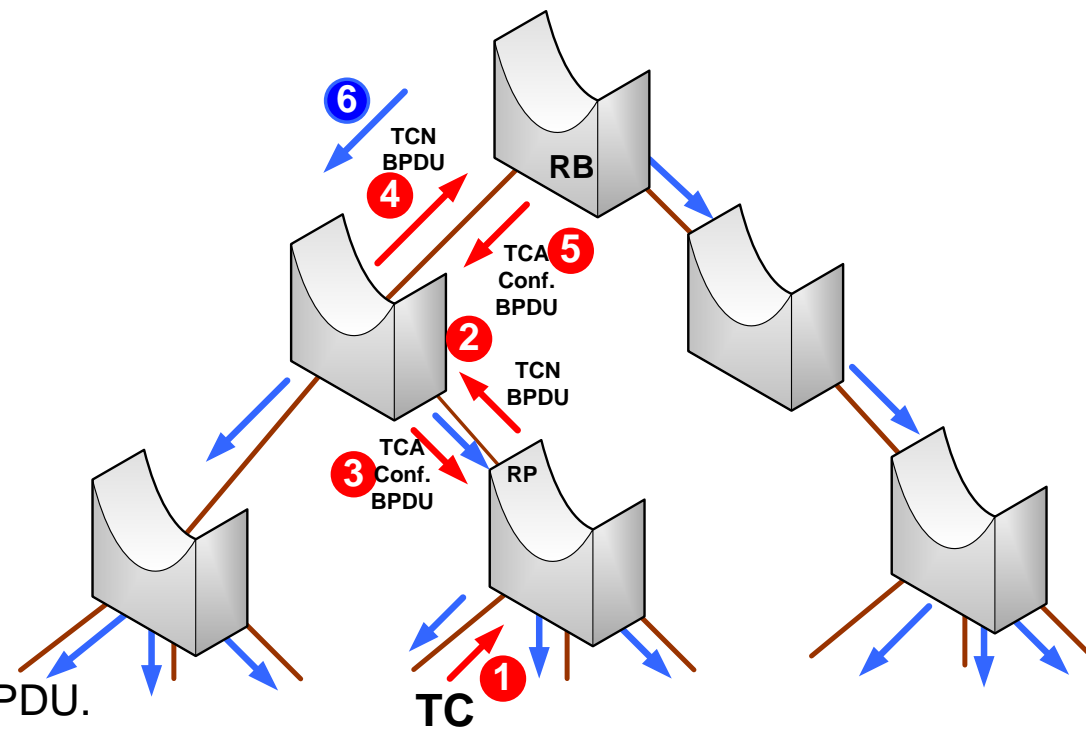
# Skonvergované STP

- Po prebehnutí STP algoritmu
  - Loop free topológia
  - Jeden Root bridge per L2 bcast doménu
  - Jeden root port per non-root bridge
  - Jeden designated port per segment
  - Každý non-designated port je nepoužívaný (blokovaný)



# Šírenie informácií o zmenách v topo pri STP

- 1) Most (switch) vytvára TCN BPDU v dvoch prípadoch:
  - Pri prechode portu do stavu Forwarding
  - Pri prechode portu zo stavu Forwarding alebo Learning do stavu Blocking.
- 2) Most vyššie príjme TCN BPDU cez svoj Designated Port.
- 3) Most vyššie nastaví Topology Change Acknowledgment Flag v nasledujúcej konfiguračnej BPDU a pošle ho späť
  - Po prijatí TCA v TCN BPDU most prestane generovať TCN BPDU.
- 4) Most vyššie prepošle TCN BPDU cez jeho Root Port bližšie k Root Bridge-u.
- 5) Kroky 2 a 4 sa opakujú pokiaľ Root Bridge nedostane TCN BPDU.
- 6) Root Bridge spätne potvrdí TCA
  - v nasledujúcej jeho BPDU nastaví TC Flag a rozpošle ho všetkým
- 7) Root Bridge posiela konfiguračné BPDU s TC flagom
  - počas Forward Delay + Max Age sekúnd (35sek.)
- 8) Prijatie BPDU s nastaveným TC
  - inštruuje všetky mosty, aby skrátili ich časy držania informácie v Bridge table z prednastavenej hodnoty 300 na aktuálnu Forward Delay hodnotu (15 sekúnd).



■ Cisco Document ID 12013:  
Understanding Spanning-Tree  
Protocol Topology Changes

# STP – konvergencia

- Konvergencia
  - Keď všetky prepínače majú porty buď vo forwarding or blocking stavoch
    - BPDU sú neustále posielané (resp. preposielané od RB)
- STP proces sa spúšťa:
  - Pri zmene topológie
    - Pridanie, odobratie prepínača v sieti
    - Pridanie, odobratie linky v sieti
    - Zmena stavu portu up na down a naopak
      - Aj takého kde je PC!!!!!!
    - Strata konektivity s root bridge
  - Časté prepočty STP môžu viesť k slučkám
- STP konvergencia
  - Trvá od 30 do 50 sekúnd
    - Pre radius 7 prepínačov
    - V niektorých prípadoch ťažko akceptovateľné



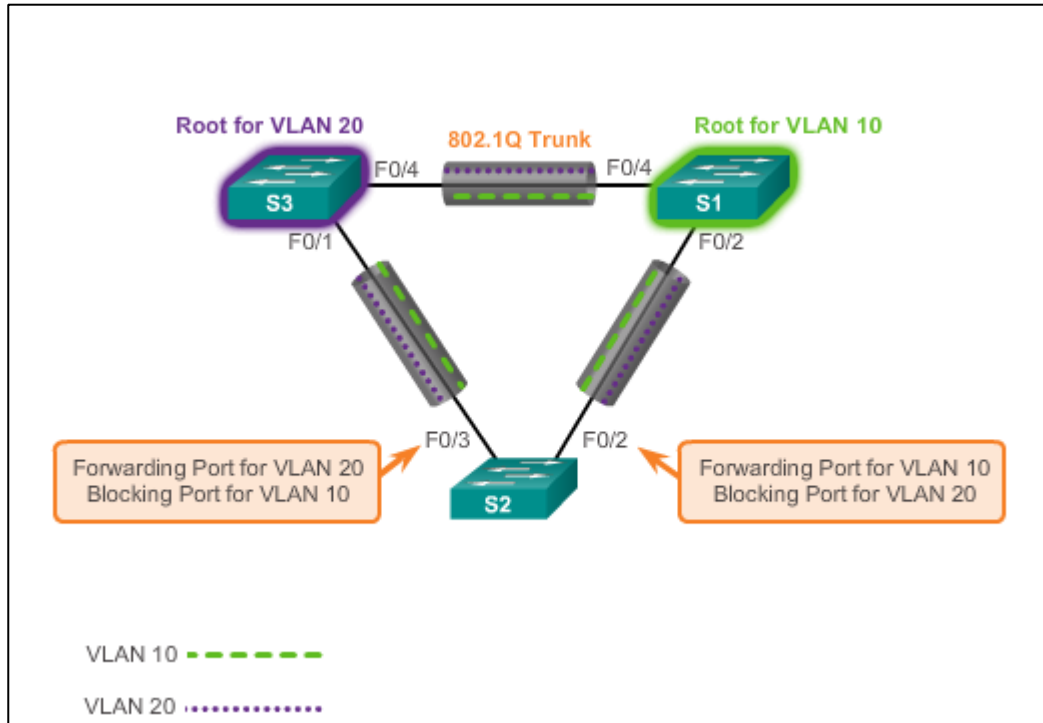
## Implementácia STP na Cisco Catalyst 2960/3650/3750

# Implementácie STP Cisco-m

- IEEE štandardy
  - Spanning Tree Protocol: IEEE802.1D-1998
  - Rapid Spanning Tree: IEEE 802.1w (IEEE 802.1D-2004)
  - Multiple STP (MSTP): IEEE 802.1s
- **Cisco terminológia a riešenia**
  - IEEE802.1D = Common STP (CST)
    - Jeden STP strom pre všetky VLAN
  - PVST (Per Vlan Spanning Tree)
    - Jeden STP strom pre každú VLAN
    - Podpora ISL trunking, + Cisco vylepšenia BackboneFast, UplinkFast, PortFast
  - PVST+ (Per Vlan Spanning Tree)
    - Jeden STP strom pre každú VLAN
    - Kompatibilita na 802.1D, + Cisco vylepšenia BackboneFast, UplinkFast, PortFast
  - Rapid PVST+
  - MSTP (Multiple STP)

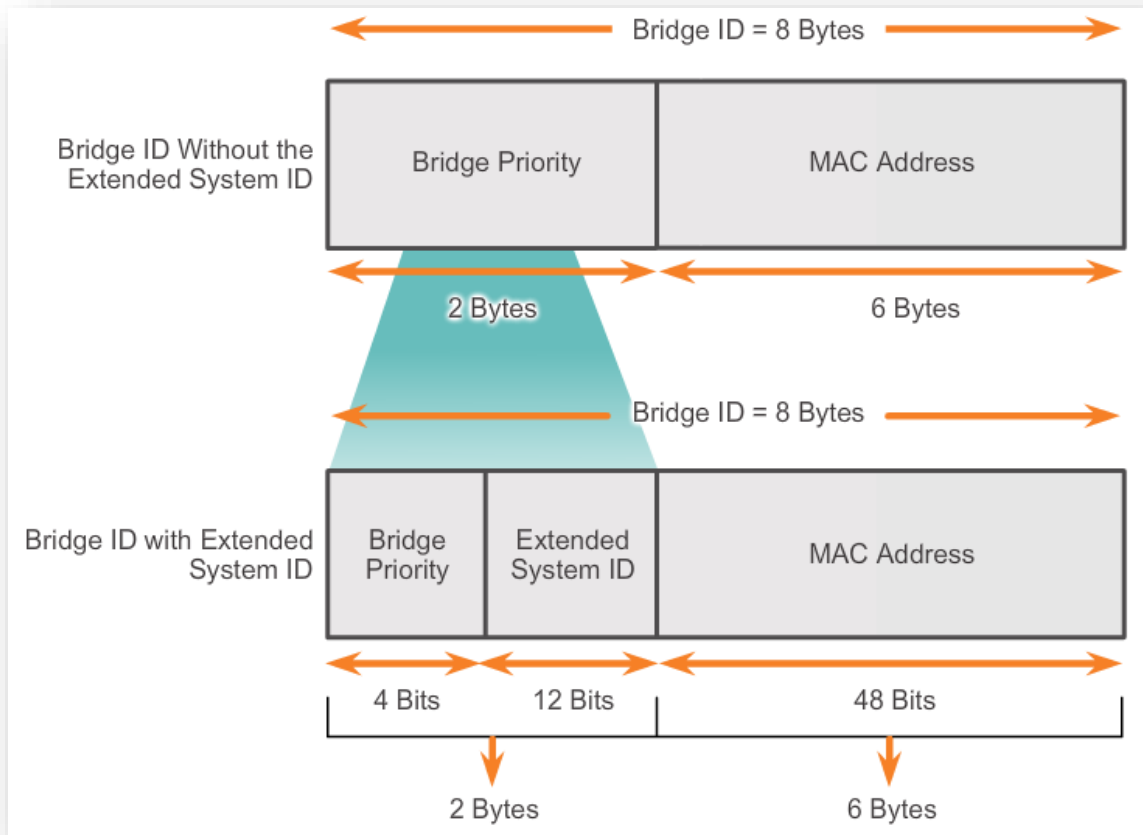
Protocol	Standard	Resources Needed	Convergence	Tree Calculation
STP	802.1D	Low	Slow	All VLANs
PVST+	Cisco	High	Slow	Per VLAN
RSTP	802.1w	Medium	Fast	All VLANs
Rapid PVST+	Cisco	Very high	Fast	Per VLAN
MSTP	802.1s Cisco	Medium or high	Fast	Per Instance

# Princíp PVST+



- Princíp PVST+
  - Tvorba nezávislých inštancií STP stromu pre každú VLAN zvlášť
    - Všetky doterajšie procesy prebiehajú pre každú VLAN oddelene
    - T.j. Počet VLAN x
      - BPDU, voľba RB, stavy portov, atď.
- Výhoda PVST+
  - Je možné aplikovať load balancing
  - Optimalizácia distribúcie stromov => tokov
- Problém PVST+
  - Pri veľa VLAN zátáž siete a prepínača
    - => riešenie Multiple STP
  - A dopady ak sa niečo pokazí
  - Problém ak v sieti prepínače rôznych výrobcov
    - Nekompatibilný štandard, iný výrobcovia nepodporujú

# Extended System ID and PVST+ Operation



- **Pozn.** V Rapid STP akceptované ako štandard

- **Problém**
  - Potreba zabezpečiť jedinečné BID pre každú VLAN a strom
  - Ako určiť do ktorej VLAN dané BPDU patrí

- **Riešenie**

## BID Priority

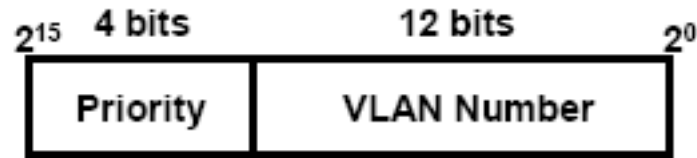
Priority (4bit, higher)

+

VLAN\_ID (12 bit, lower)

# Priorita v rámci poľa Extended System ID

- Only four high-order bits of the 16-bit Bridge Priority field carry actual priority.
- Therefore, priority can be incremented only in steps of 4096, onto which will be added the VLAN number.
- Example:  
For VLAN 11: If the priority is left at default, the 16-bit Priority field will hold  $32768 + 11 = 32779$ .



<u>Priority Values (Hex)</u>	<u>Priority Values (Dec)</u>
0	0
1	4096
2	8192
.	.
.	.
8 (default)	32768
.	.
.	.
F	61440

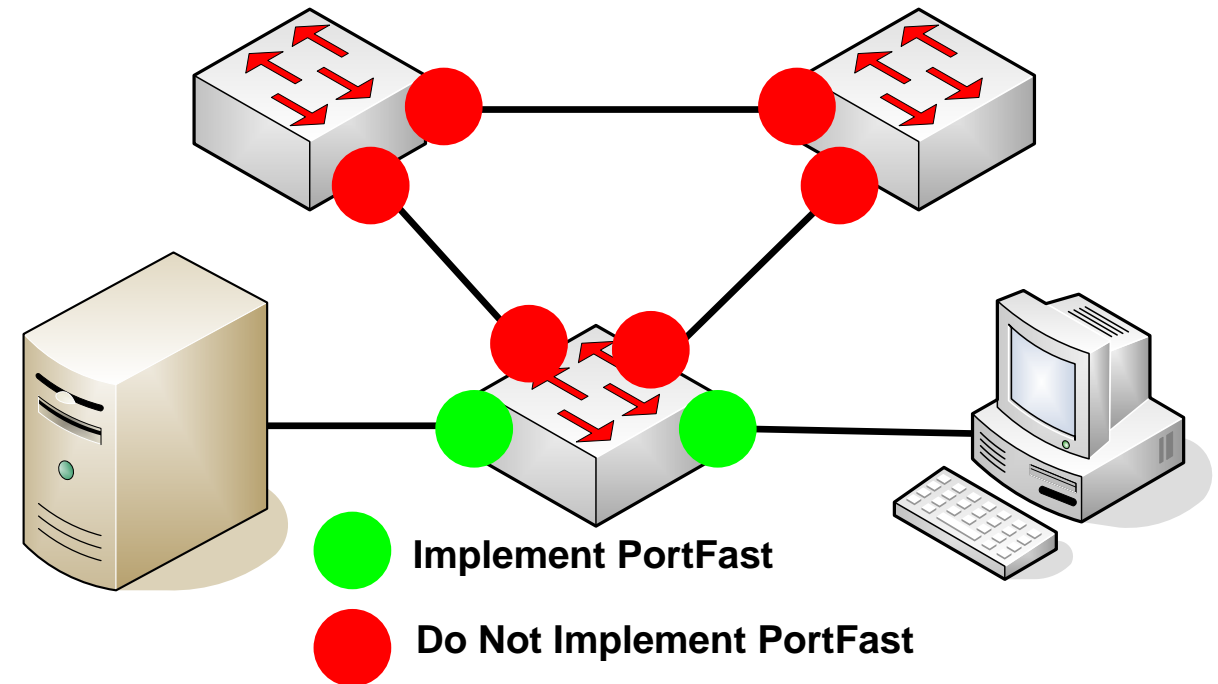
# Default nastavenie na Catalyst-e

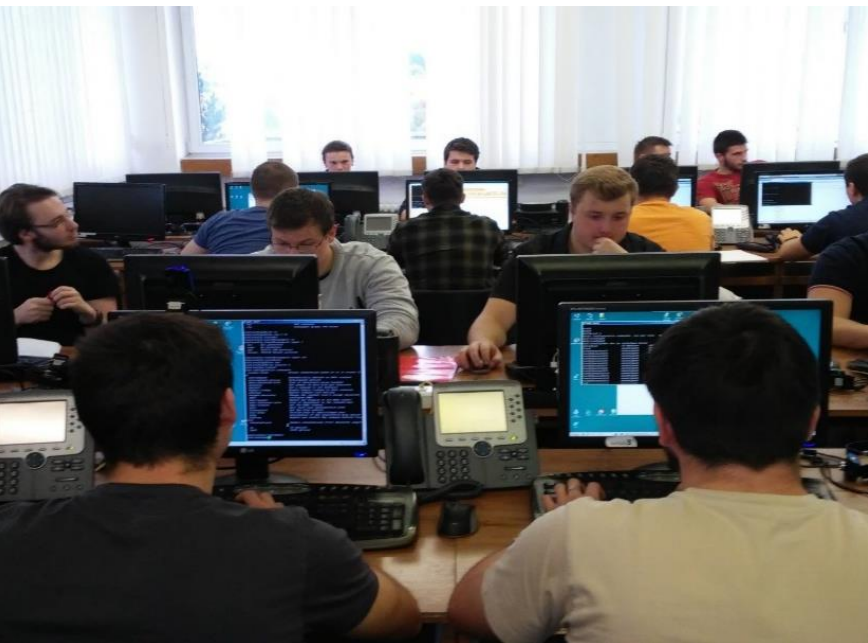
Feature	Default Setting
Enable state	Enabled on VLAN 1
Spanning-tree mode	PVST+ (Rapid PVST+ and MSTP are disabled.)
Switch priority	32768
Spanning-tree port priority (configurable on a per-interface basis)	128
Spanning-tree port cost (configurable on a per-interface basis)	1000 Mb/s: 4, 100 Mb/s: 19, 10 Mb/s: 100
Spanning-tree VLAN port priority (configurable on a per-VLAN basis)	128
Spanning-tree VLAN port cost (configurable on a per-VLAN basis)	1000 Mb/s: 4, 100 Mb/s: 19, 10 Mb/s: 100
Spanning-tree timers	Hello time: 2 seconds Forward-delay time: 15 seconds Maximum-aging time: 20 seconds Transmit hold count: 6 BPDUs



# Cisco vylepšenia STP

- Port Fast
  - Minimalizuje čas prechodu
    - Ide rovno do UP bez kontroly slučky
  - Vhodné len na Access porty
  - Ochrana
    - Ak rozhranie s konfigurovaným PortFast prijme BPDU, spanning tree zhodí port do blocking stavu pomocou techniky **BPDU guard**.





# Konfigurácia STP

# Zistenie MAC adresy a BID identity

```
! Zistenie MAC adresy prepínača
```

```
Switch#show version
```

```
...
```

```
Base MAC address is 000A.0022.2222 (bia
```

```
...
```

```
...
```

```
S2#show spanning-tree
```

```
VLAN0001
```

```
Spanning tree enabled protocol ieee
```

```
Root ID      Priority    32769
```

```
Address      000A.0011.1111
```

```
Cost         19
```

```
Port         2 (FastEthernet0/2)
```

```
Hello Time   2 sec    Max Age 20 sec    Forward Delay 15 sec
```

```
Bridge ID    Priority    32769
```

```
Address      000A.0022.2222
```

```
Hello Time   2 sec    Max Age 20 sec    Forward Delay 15 sec
```

```
Aging Time   20
```

```
...
```

```
...
```

# Nastavenie priority prepínača (BID)

! Spustenie STP

```
Switch(config)#spanning-tree vlan vlan-id
```

! Vlan-id = Číslo VLAN, pre ktorú spúšťam STP

! Vypnutie STP

```
Switch(config)#no spanning-tree vlan vlan-id
```

! Nastavenie priority prepínača per VLAN

```
Switch(config)#spanning-tree vlan vlan-id priority PRIORITY
```

! PRIORITY = priradená priorita v rámci STP per vlan s ID

% Allowed values are:

```
0 4096 8192 12288 16384 20480 24576 28672
```

```
32768 36864 40960 45056 49152 53248 57344 61440
```

## Nastavenie makier – Root primary/secondary

```
! MAKRO: Nastavenie root bridge  
! Ak aktual root ma hodnotu > 24576, nastavi local switch prioritu na 24576  
! Ak priorita root je < 24576, nastavi local switch priorotu o 4000 nizsiu
```

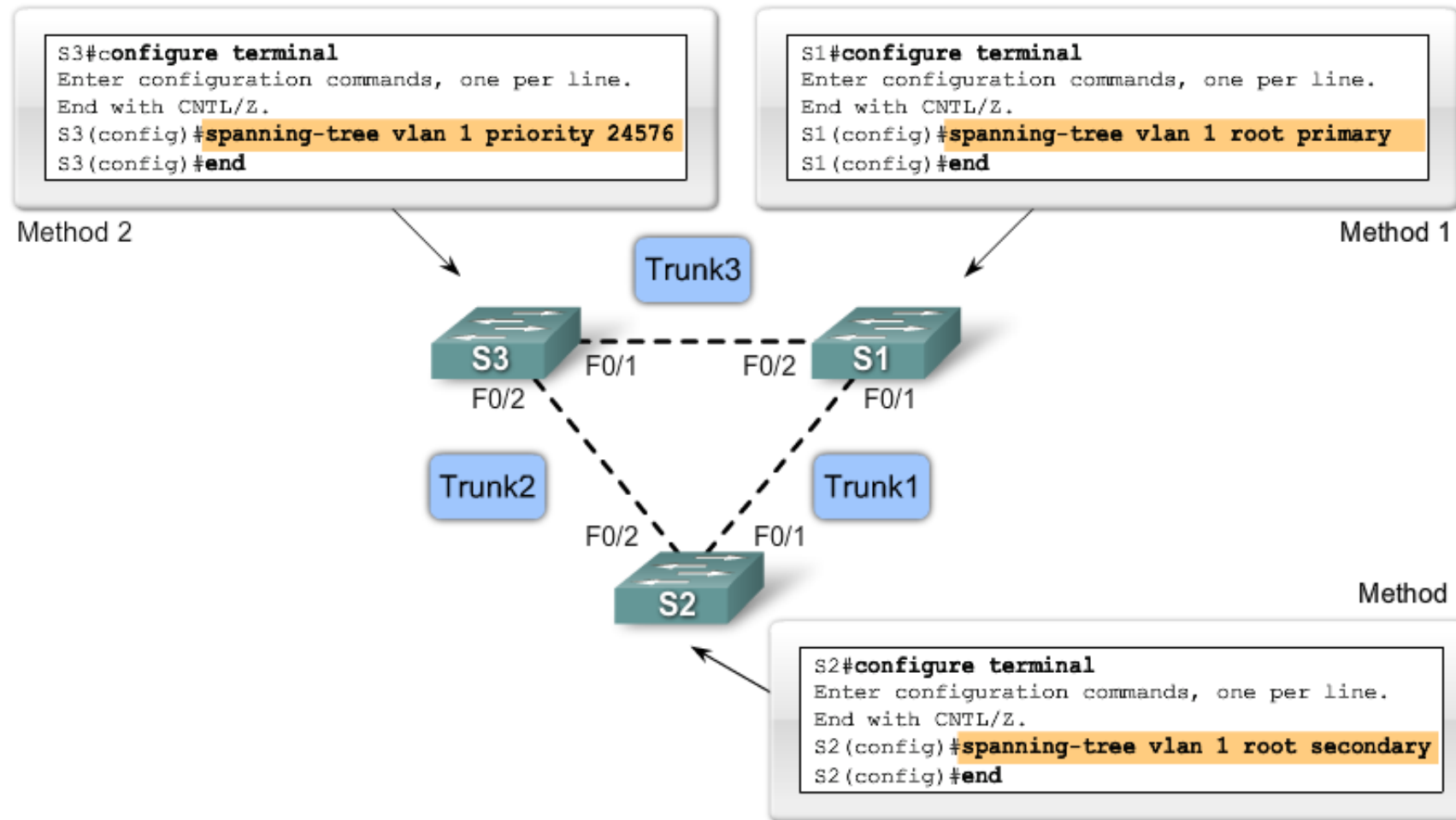
```
Switch(config)#spanning-tree vlan vlan-id root primary
```

```
! MAKRO: Nastavenie zalohy root bridge  
! Nastavi na predefinovanu hodnotu 28,672, nakolko nie je moznost zistit  
! Druhu najnizsiu prioritu z BPDU
```

```
Switch(config)#spanning-tree vlan vlan-id root secondary
```

# Konfigurácia priorít v BID – ovplyvnenie voľby RB

## Configure and Verify the BID



# Overenie kto je Root Bridge

```
Switch# show spanning-tree vlan
```

```
! Per vlan
```

```
Switch# show spanning-tree vlan VLAN_ID
```

```
S1#show spanning-tree
```

```
VLAN0001
```

```
Spanning tree enabled protocol ieee
```

```
Root ID      Priority      24577  
Address      000A.0033.3333
```

```
This bridge is the root
```

```
Hello Time   2 sec  Max Age 20 sec  Forward Delay 15 sec
```

```
Bridge ID    Priority      24577 (priority 24576 sys-id-ext 1)
```

```
Address      000A.0033.3333  
Hello Time   2 sec  Max Age 20 sec  Forward Delay 15 sec  
Aging Time  300
```

Interface	Role	Sts	Cost	Prio.Nbr	Type
Fa0/1	Desg	FWD	4	128.1	P2p
Fa0/2	Desg	FWD	4	128.2	P2p

```
S1#
```

# Kto je Root a jeho parametre STP

```
Switch# sh spanning-tree root
```

Vlan	Root ID	Root Cost	Hello Time	Max Age	Fwd Dly	Root Port
VLAN0001	32768 0019.c99a.ac54	19	2	20	15	Gi0/25

# Aké STP parametre má daný prepínač

```
RA212-SW103-C3560G#show span bridge
```

Vlan	Bridge ID	Hello Time	Max Age	Fwd Dly	Protocol
VLAN0001	32769 (32768, 1) 001b.8f8f.de00	2	20	15	stp



# Overenie STP - debug

```
Switch # debug spanning-tree events
```

```
! Vidiet ako port ide po no shutdown do UP stavu
```

```
Spanning Tree event debugging is on
```

```
22:32:23: set portid: VLAN0001 Fa0/6: new port id 800D
```

```
22:32:23: STP: VLAN0001 Fa0/6 -> listening
```

```
22:32:25: %LINK-3-UPDOWN: Interface FastEthernet0/6, changed state to up
```

```
22:32:26: %LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface FastEthernet0/6,  
changed state to up
```

```
22:32:38: STP: VLAN0001 Fa0/6 -> learning
```

```
22:32:53: STP: VLAN0001 Fa0/6 -> forwarding
```

# Konfigurácia Cisco STP PortFast portu

```
! Konfigurácia Cisco PortFast na portoch fa 0/1 - 10
! Per interface prikaz
Pravy(config)#int range fa 0/1 - 10
Pravy(config-if)#spanning-tree portfast
```

```
! Zrusenie Cisco PortFast na portoch fa 0/1 - 10
! Per interface prikaz
Pravy(config)#int ra fa 0/1 - 10
Pravy(config-if)#no spanning-tree portfast
```

```
! Konfigurácia Cisco PortFast na portoch fa 0/1 - 10
! Spusti globalne PortFast na vsetkych access portoch
Pravy(config)#spanning-tree portfast default
```

# Overenie PortFast stavu a jeho vlastností

```
Router# show spanning-tree summary
Root bridge for:VLAN0001
EtherChannel misconfiguration guard is enabled
Extended system ID is disabled
Portfast is enabled by default
PortFast BPDU Guard is disabled by default
Portfast BPDU Filter is enabled by default
Loopguard is disabled by default
UplinkFast is disabled
BackboneFast is disabled
Pathcost method used is long
```



## Rapid STP (RSTP) a RPVST+

# Rapid Spanning Tree (RSTP)

- Urýchľuje prepočítavanie spanning-tree stromu pri zmenách topológie
  - Evolúcia STP 802.1d
  - Definovaný ako IEEE 802.1w
    - Dnes je zahrnutý do štandardu IEEE 802.1D-2004
    - Spätne kompatibilný s STP
  - Konvergencia typicky **do 1 avšak max. 15 sekúnd**
  - Preferovaná voľba do full duplex prepínaného prostredia
    - Pri half-duplex rýchlosť nie je výrazne lepšia
  - Nasadenie tam, kde STP konvergencia je pomalá
  - Nepoužíva STP časovače, je proaktívny

# Odlišnosti STP od RSTP

- Mení definíciu stavov portov (redukuje z päť len tri stavy)
- Mení definíciu rolí portov (zavádza nové)
  - Edge port.
    - Rýchly prechod do Forwarding
    - Niečo ako PortFast vlastnosť
  - Alternate port
    - Backup Root Portu
- Mení definíciu typov liniek
  - Zavádza nové
- Používa také isté BPDU ako STP, ale
  - Version = 2
  - Proaktívne správanie
  - BPDU posiela každý prepína (nie len RB ako v STP)
  - Používa konvergenčný **Proposal / Agreement** mechanizmus
- Dokáže spolupracovať s STP na jednej sieti
  - RSTP port, ktorý prijme BPDU verzie 1 začne pracovať ako STP port

## Zmena stavov portov

STP (802.1D) Port State	RSTP (802.1w) Port State	Is Port Included in Active Topology?	Is Port Learning MAC Addresses?
Disabled	Discarding	No	No
Blocking	Discarding	No	No
Listening	Discarding	Yes	No
Learning	Learning	Yes	Yes
Forwarding	Forwarding	Yes	Yes

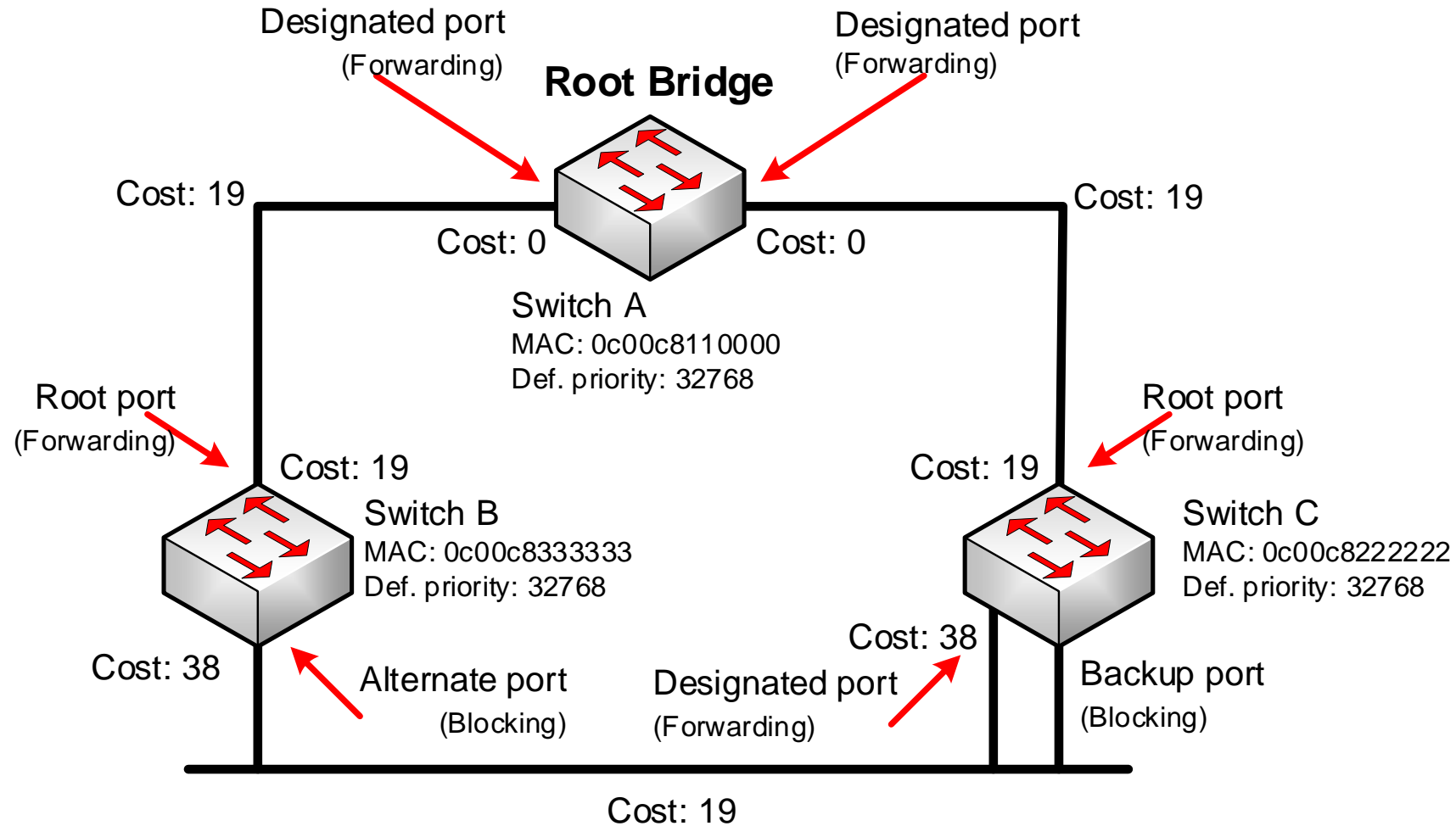
- RSTP stavy portov
  - **Discarding** (ako blocking/listening v STP)
    - Spracováva a generuje STP BPDU
    - Nepreposiela dátové rámce
  - **Learning** (ako v STP)
    - Discarding + číta dátové rámce
      - Buduje MAC tabuľky prepínača aby zbytočne nešíril neznáme unicastové rámce na všetky porty.
  - **Forwarding** (ako v STP)
    - Spracováva a preposiela STP BPDU aj dátové rámce.

# Zmena definície rolí portov

Rola portu	Popis
<b>Root port</b>	Port na každom nonroot prepínači, ktorý je vybratý ako najbližšia cesta k Root Bridge (RB). Na každom nonroot prepínači môže byť len jeden root port. Root port je v stave Forwarding v ustálenej aktívnej topológii.
<b>Designated port</b>	Každý segment má aspoň jeden designated port. V ustálenej aktívnej topológii, prepínač s portom designated prijíma rámce na segmente, ktoré sú určené pre RB. Designated port pracuje v stave Forwarding. Na non-RB len jeden per segment, ak viac prepínačov musí byť voľba.
<b>Alternate port (Nový)</b>	Port prepínača, ktorý je alternatívnou cestou k RB (je jeho backup). Alternate port je v stave discarding v ustálenej aktívnej topológii. Alternate port je prítomný na non-root bridge prepínačoch a dovoľuje okamžitý prechod do <b>forward stavu</b> ak aktuálny root port zlyhá.
<b>Backup port (Nový)</b>	Port na prepínači s redundantnou linkou do segmentu, kde je prepínač pripojený cez svoj <b>Designated</b> port. Backup port je druhý najlepší port, ktorým je daný prepínač pripojený do toho istého segmentu. Backup port je v stave blocking v ustálenej aktívnej topológii.
<b>Edge port (Nový)</b>	Port, na ktorom sa nepredpokladá pripojenie iného prepínača (len koncová stanica). Prechádza okamžite po aktivácii do Forward stavu. Odpovedá PortFast. Zmeny na ňom negenerujú Topo Changes. Objavenie PBDU – zmena na bežný port.

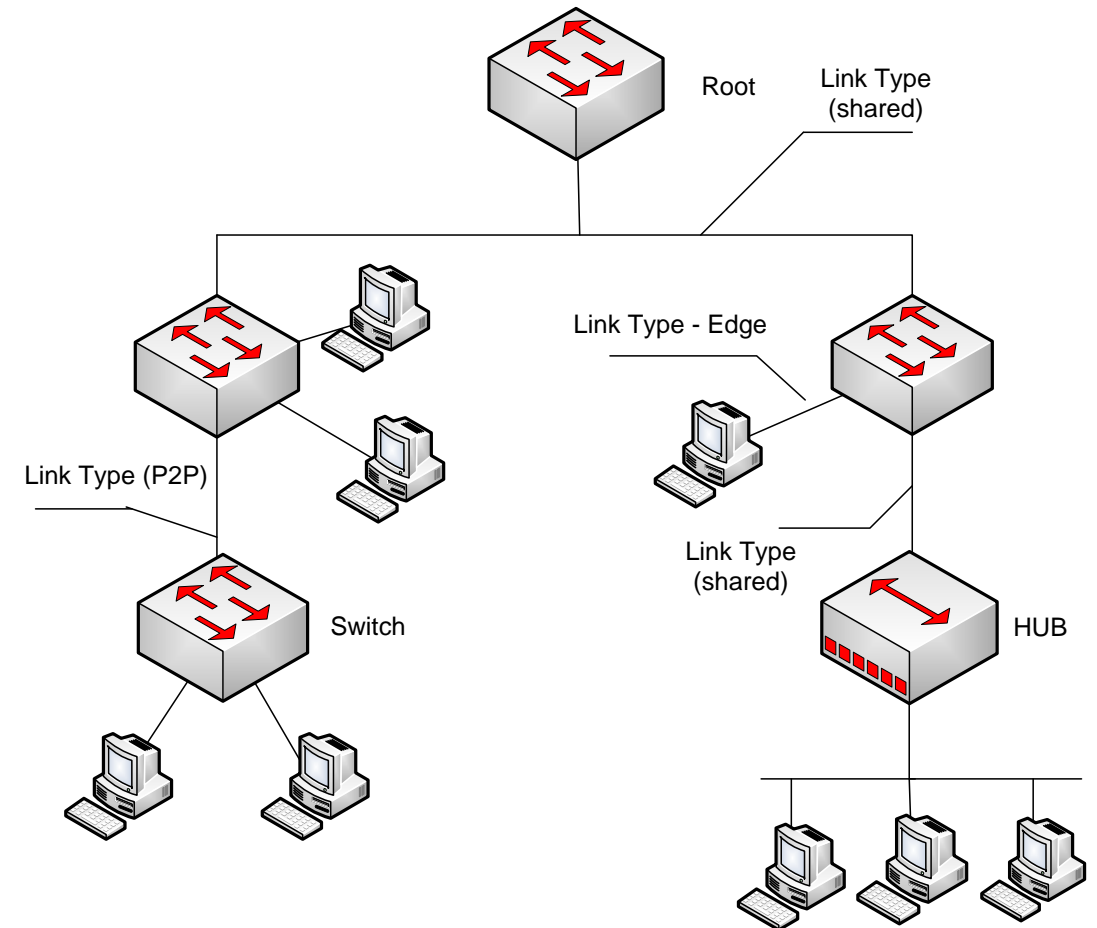


# Zmena definície rolí portov oproti STP



# Zmena typov liniek oproti STP

- Typ linky predurčuje aktívnu úlohu v RSTP
- **Edge port**
  - Nepredpokladá sa, že by mohol spraviť slučku.
  - Prechádza priamo do Forward stavu.
  - Pri prijíme BPDU sa stáva bežným STP portom
  - **Spann portfast default or spanning-tree portfast**
- **Non-Edge linky:**
  - **Point-to-point:**
    - Port pracuje v móde full-duplex. Predpokladá sa, že tento port bude pripojený na iný prepínač.
    - Môže prechádzať priamo do Forward
    - **spanning-tree link-type point-to-point**
  - **Shared Port:**
    - pracuje v móde half-duplex. Predpokladá sa, že tento port bude pripojený na zdieľané médium, na ktoré môže byť pripojených viacero prepínačov.
    - Musí prejsť celým STP procesom



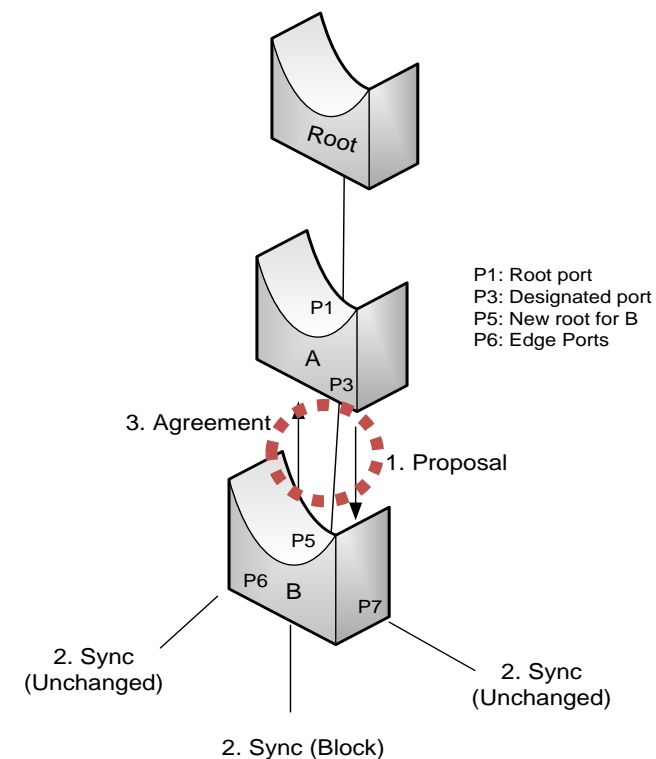
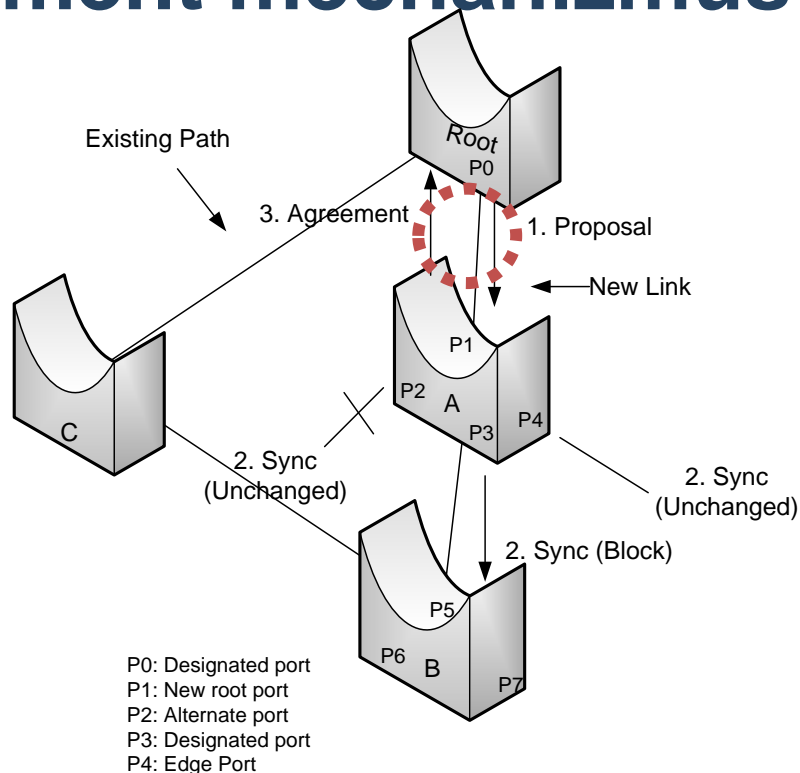
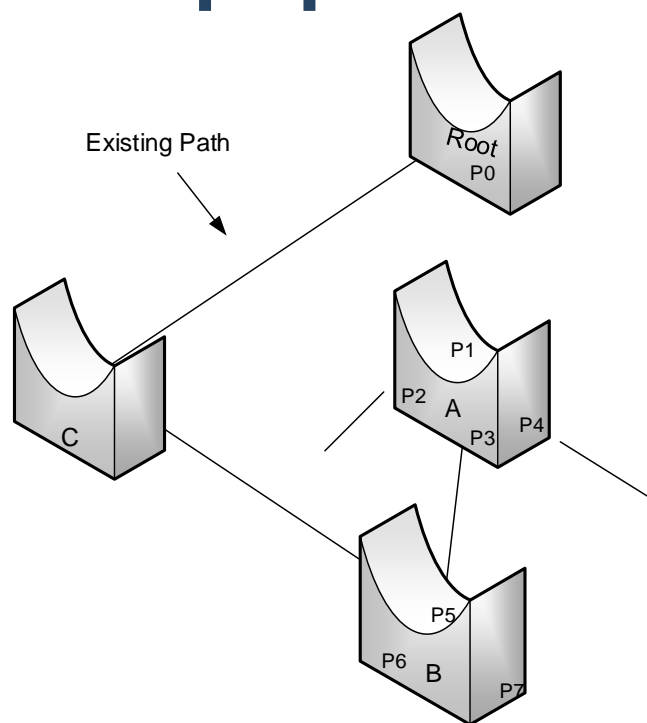
# BPDU v2 –využitie Flag Byte

- Posielané každé 2s.
  - Posiela každý prepínač (aj keď je root stratený), nielen ROOT
- Používa sa ako keepalive mechanizmus:
  - Tri chýbajúce BPDU = aging MAC tab. + indikácia zmeny topológie
- Bity 0 a 7 sú použité na TCN a na acknowledgement (ACK), ako v 802.1D
- Bity 1 a 6 sú používané na **proposal a agreement proces**
  - **Zrýchlenie konvergencie**
- Bity 2-5 enkódujú úlohy a stavy portov ktorým patrí BPDU

RSTP Version 2 BPDU	
Field	Byte Length
Protocol ID=0x0000	2
Protocol Version ID=0x02	1
BPDU Type=0X02	1
Flags	1
Root ID	8
Root Path Cost	4
Bridge ID	8
Port ID	2
Message Age	2
Max Age	2
Hello Time	2
Forward Delay	2

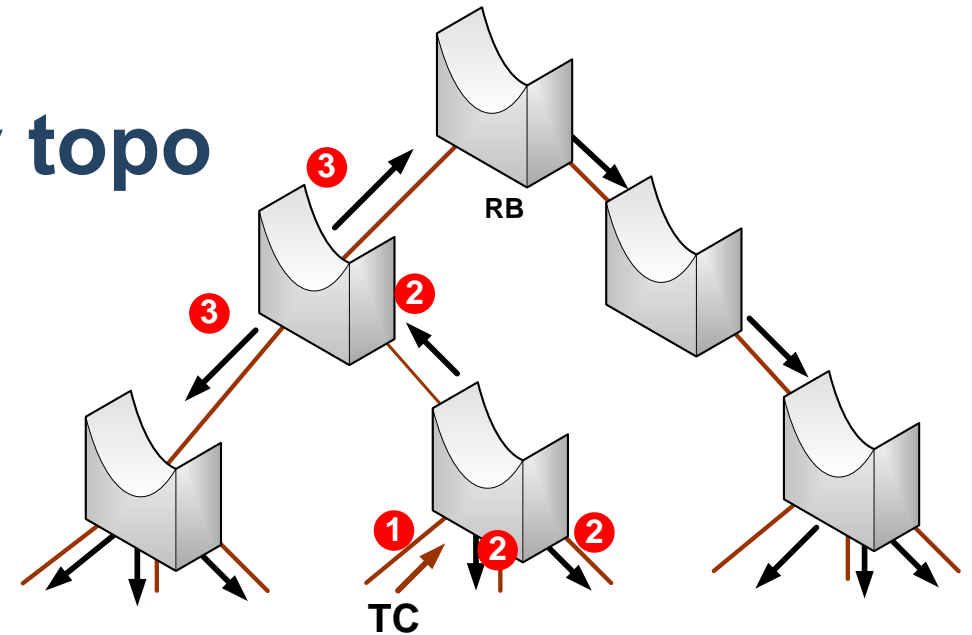
Flag Field	
Field Bit	Bit
Topology Change	0
Proposal	1
Port Role	2-3
Unknown Port	00
Alternate or	01
Backup Port	
Root Port	10
Designated Port	11
Learning	4
Forwarding	5
Agreement	6
Topology Change Acknowledgment	7

# Zrýchlenie konvergencie – Propposal / Agreement mechanismus

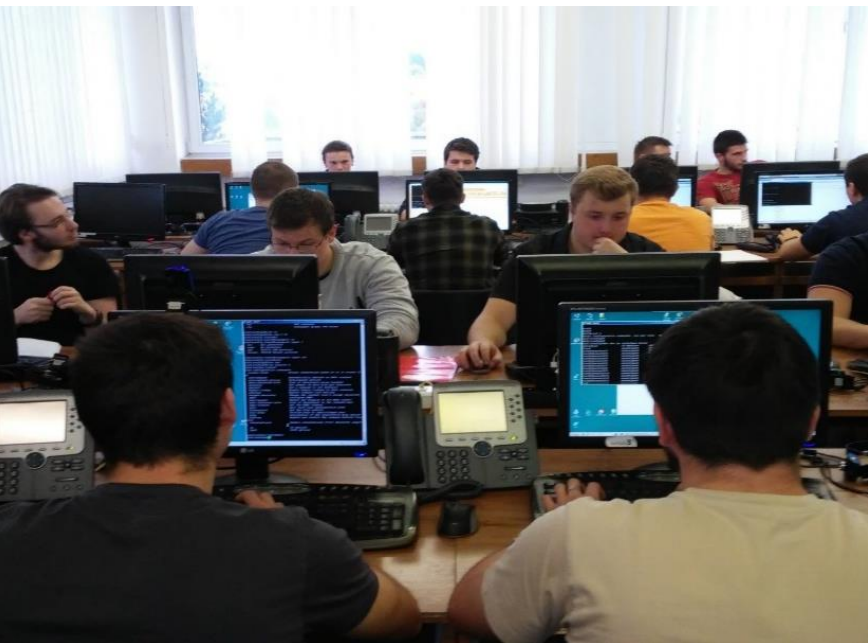


- Použitý vo fáze, kedy je designated port v discarding or learning stave
  - Spôsobí urýchlenie konvergencie na link-by-link báze
- Možné len pre edge porty a point-to-point linky
- Sync stav
  - Sú bloknuté všetky **non-edge** porty, aby sa predišlo slučke

# Šírenie informácií o zmenách v topo



- 1) Topo Change je prijatý len pri zmene do FW stavu (nie down)
  - Prepínač zníži timer pre MAC adresy na forward delay pre daný port, designated porty a root port
  - Flushne MAC adresy pre daný port, designated porty a root port
  - Pošle outbound BPDU cez root a designated porty, kde nastaví TC flag
- 2) Prepínač ktorý prijme TCN
  - Zníži timer pre MAC adresy na forward delay pre designated porty a root port
  - Flushne všetky MAC
  - Nastaví timer na TC-while (2xHello)
- 3) Pošle BPDU s nastaveným TC cez všetky výstupné porty



# Konfigurácia

# Konfigurácia Rapid STP (RPVST+)

```
! Spustenie Rapid PVST+
```

```
Switch(config)#spanning-tree mode rapid-pvst
```

```
! Nastavenie priority prepínaca per VLAN
```

```
Switch(config)#spanning-tree vlan vlan-id priority PRIORITY
```

```
! PRIORITY = priradená priorita v rámci STP per vlan s ID
```

```
% Allowed values are:
```

```
0 4096 8192 12288 16384 20480 24576 28672  
32768 36864 40960 45056 49152 53248 57344 61440
```

```
! MAKRO: Nastavenie root bridge
```

```
Switch(config)#spanning-tree vlan vlan-id root primary
```

```
! MAKRO: Nastavenie zálohy root bridge
```

```
Switch(config)#spanning-tree vlan vlan-id root secondary
```

# Konfigurácia Edge portov a P2P liniek

```
! Konfigurácia Cisco PortFast na portoch fa 0/1 - 10
! Per interface prikaz - Pre PVRSTP konfiguruje Edge Port
• Pravy(config)#int range fa 0/1 - 10
• Pravy(config-if)#spanning-tree portfast
```

```
! Nastavenie typu linky
Switch(config)#int fa 0/1
Switch(config-if)#spanning-tree link-type point-to-point
```



# Overenie činnosti RSTP

```
Switch#show spanning-tree
```

```
VLAN0001
```

```
Spanning tree enabled protocol rstp
```

```
Root ID      Priority      32768
             Address      0c00c8110000
             Cost        19
             Port        1 (FastEthernet0/1)
             Hello Time  2 sec      Max Age 20 sec      Forward Delay 15 sec
Bridge ID     Priority      32768
             Address      0c00c8111111
             Hello Time  2 sec      Max Age 20 sec      Forward Delay 15 sec
             Aging Time  300
```

```
<text omitted>
```

```
Switch#show spanning-tree vlan VLAN_ID
```

```
Switch#show spanning-tree detail
```

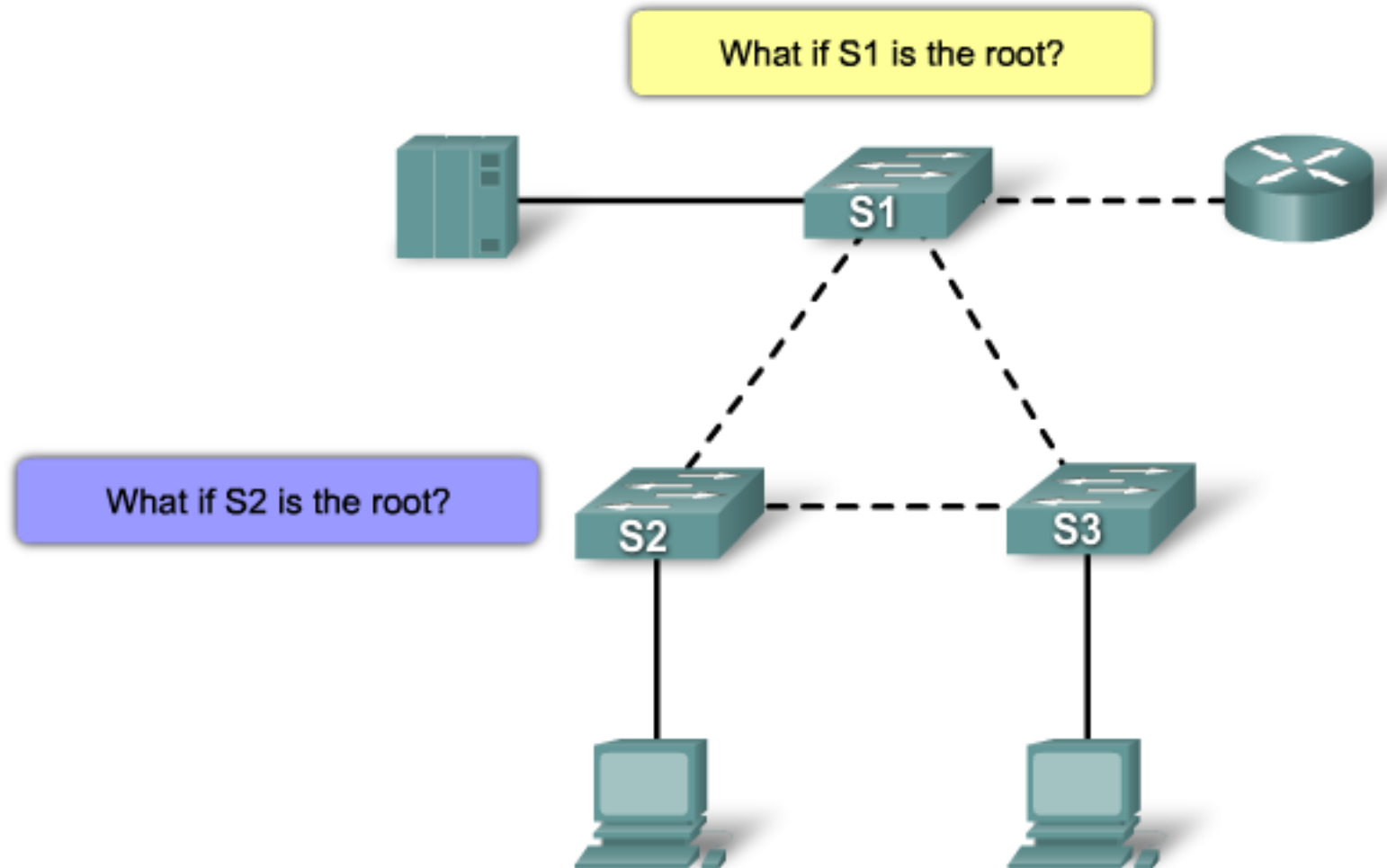
```
Switch#show spanning-tree active
```

```
Switch#debug spanning-tree
```

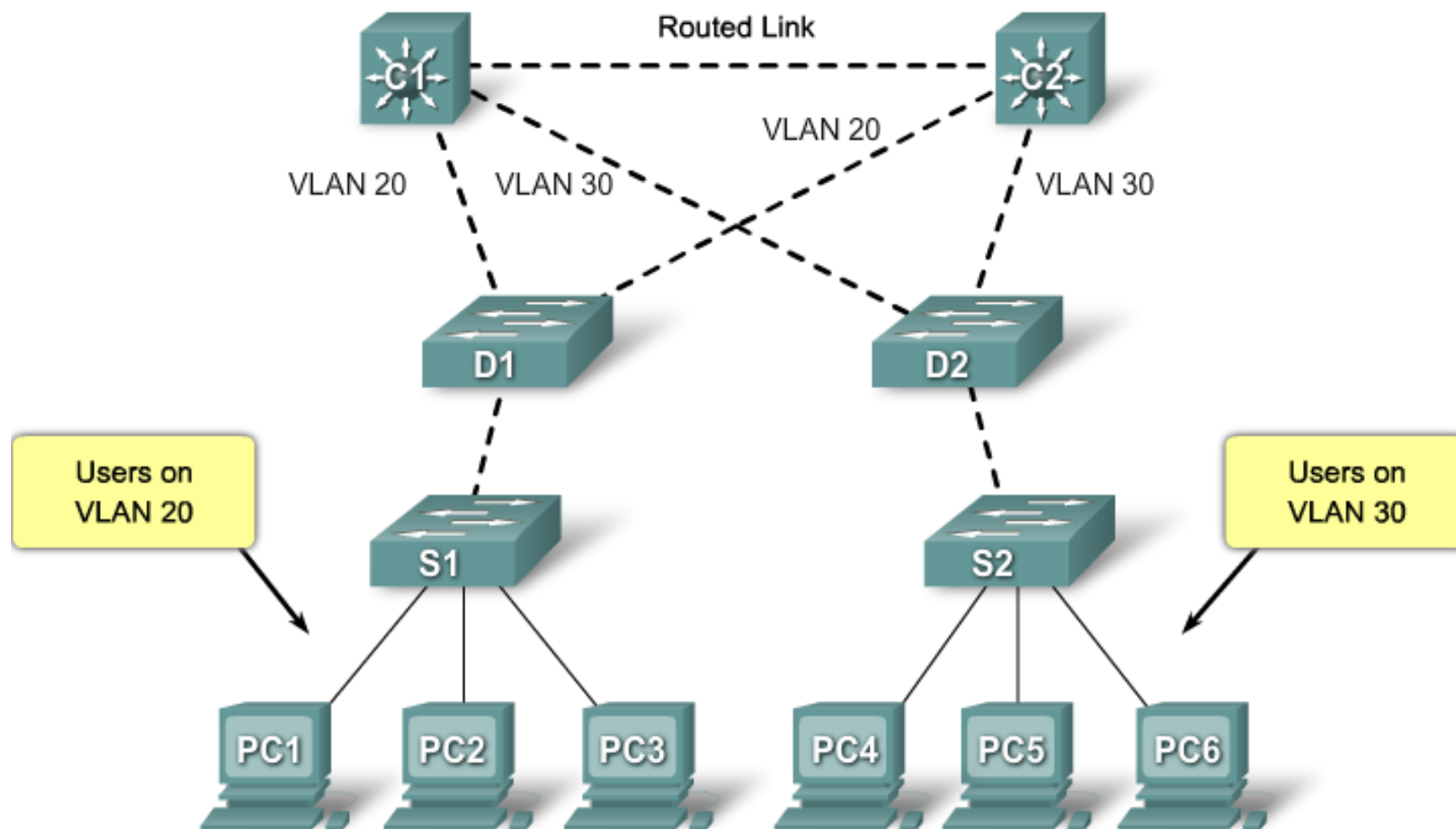


# Implementačné typy

# Umístění Root Bridge



# Použi L3 prepínače



## Final Points

### Keep STP Even If It Is Unnecessary

- Do not disable STP.
- STP is not very processor-intensive
- the few BPDUs sent on each link do not reduce bandwidth.
- But a bridge network without STP can go down in a fraction of a second

### Keep Traffic off the Administrative VLAN

- A high rate of broadcast or multicast traffic on the administrative VLAN adversely effects the CPU's ability to process vital BPDUs.
- Keep user traffic off the administrative VLAN.

### Do Not Have a Single VLAN Span the Entire Network

- VLAN 1 serves as an administrative VLAN, where all switches are accessible in the same IP subnet.
- A bridging loop on VLAN 1 affects all trunks and can bring down the network.
- Segment the bridging domains using high-speed Layer 3 switches.



# Otázky ?



Networking  
Academy