

# Távközlő hálózatok és szolgáltatások

## Kapcsolástechnika

*Németh Krisztián*

*BME TMIT*

*2011. okt. 12.*



# A tárgy felépítése

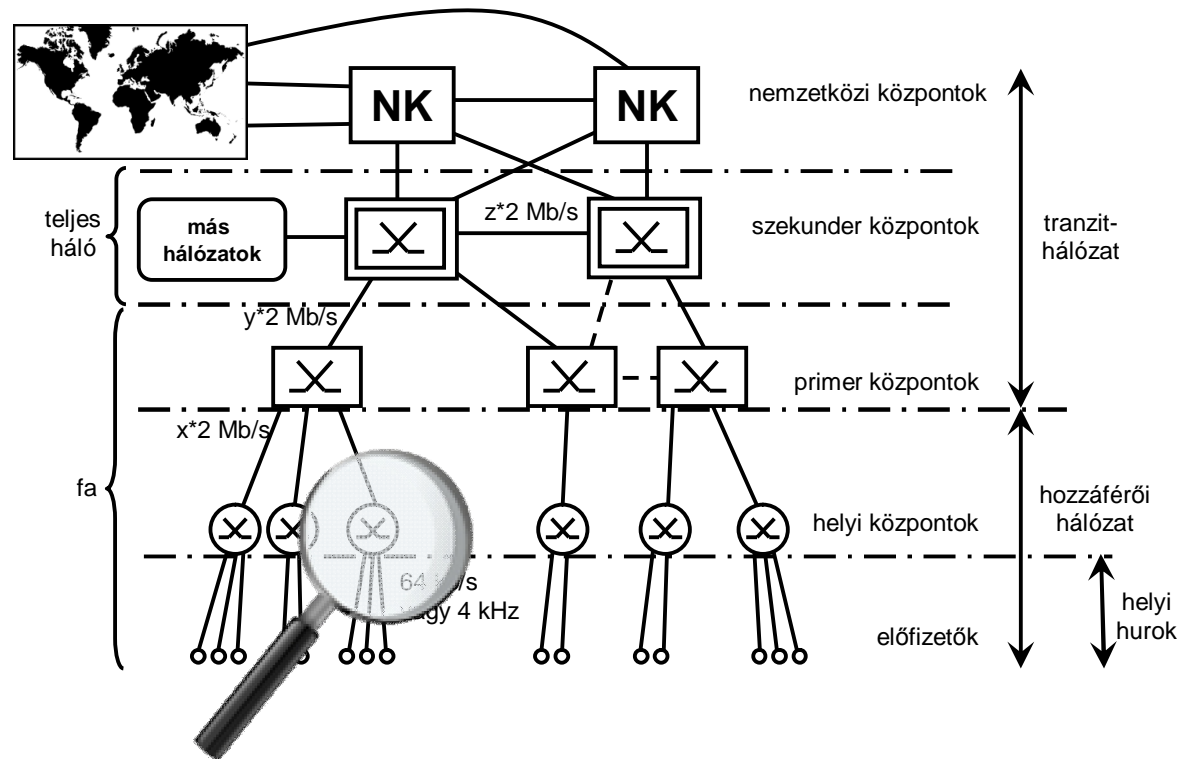
---

- ⌘ 1. Bevezetés
- ⌘ 2. IP hálózatok elérése távközlő és kábel-TV hálózatokon
- ⌘ 3. VoIP
- ⌘ 4. **Kapcsolástechnika** ←
- ⌘ 5. Mobiltelefon-hálózatok
- ⌘ 6. Jelátviteli követelmények, kodekek
- ⌘ 7. Forgalmi követelmények, hálózatméretezés
- ⌘ 8. Jelzésátvitel
- ⌘ 9. Gerinchálózati technikák (Cinkler Tibor)
- ⌘ 10. Távközlő rendszerek telepítése és üzemeltetése (Cinkler Tibor)



# Távbeszélő hálózati topológia (ism.)

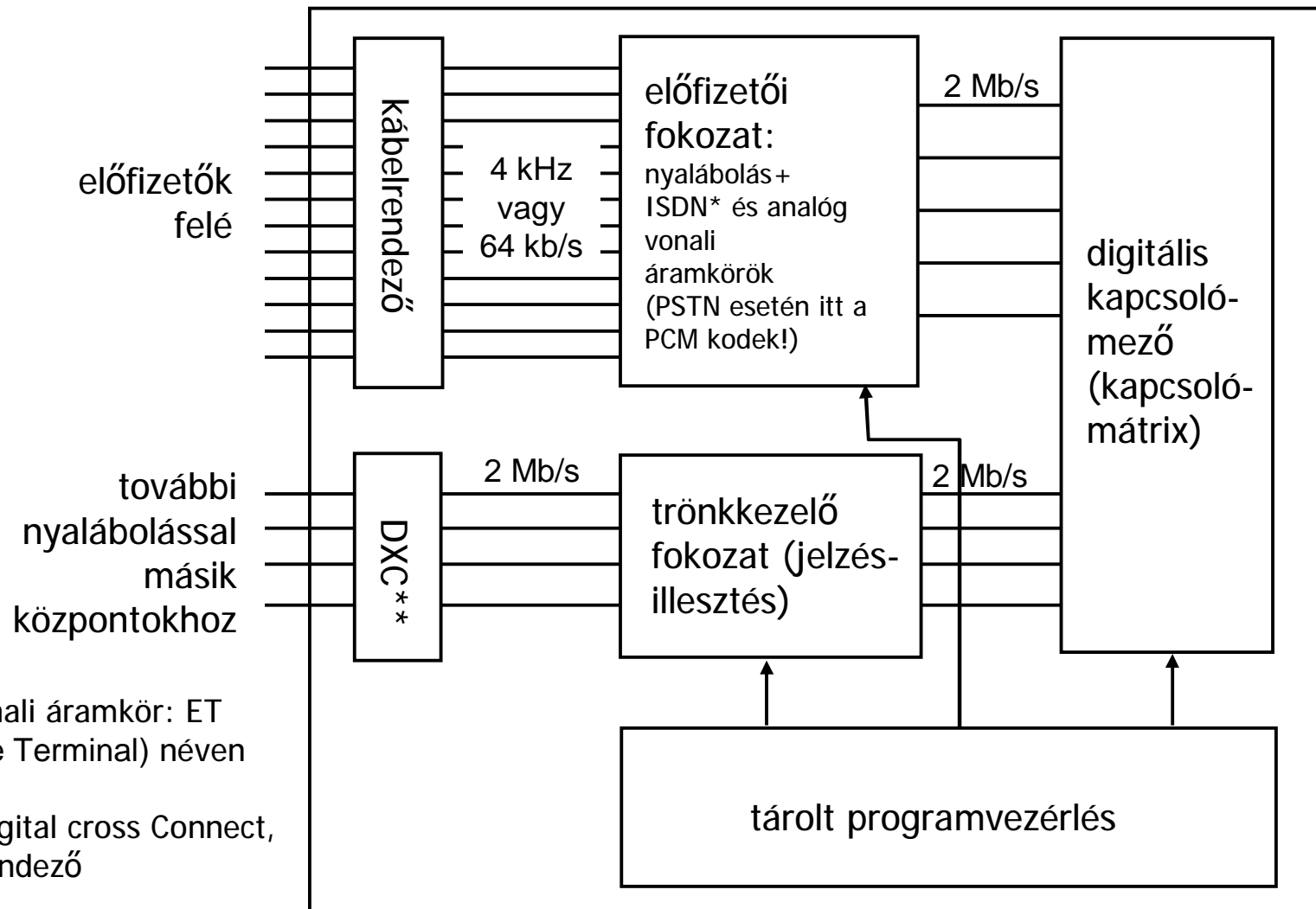
## P PSTN architektúra



Kérdés: hogy néz ki egy (pl. helyi) kapcsolóközpont közelebbről?

# Digitális TPV központ felépítése (vázlat)

p TPV = tárolt programvezérlés



# Kicsit kitérő: 2/4 huzalos rendszerek

**p** Négyhuzalos rendszer:

- n** két érpár
- n** egy érpáron egyirányú jeláramlás

**p** Kéthuzalos rendszer

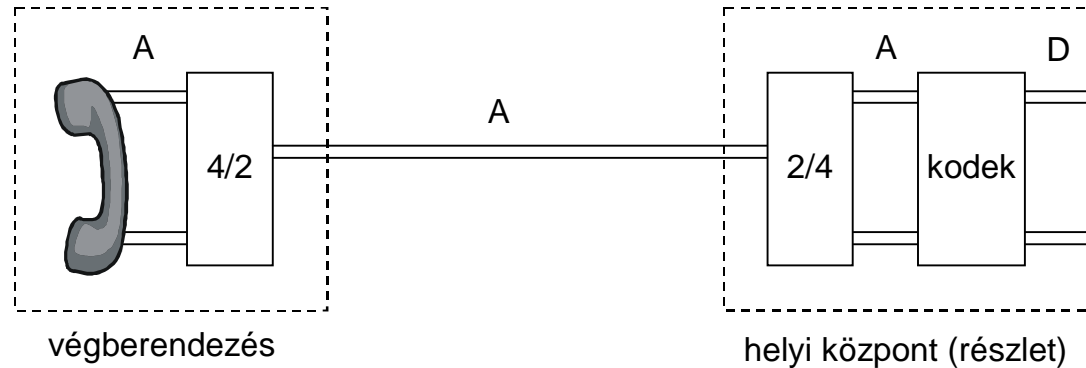
- n** ugyanazon az érpáron kétirányú jeláramlás

**p** Kodek mindig négyhuzalos (felépítése miatt)

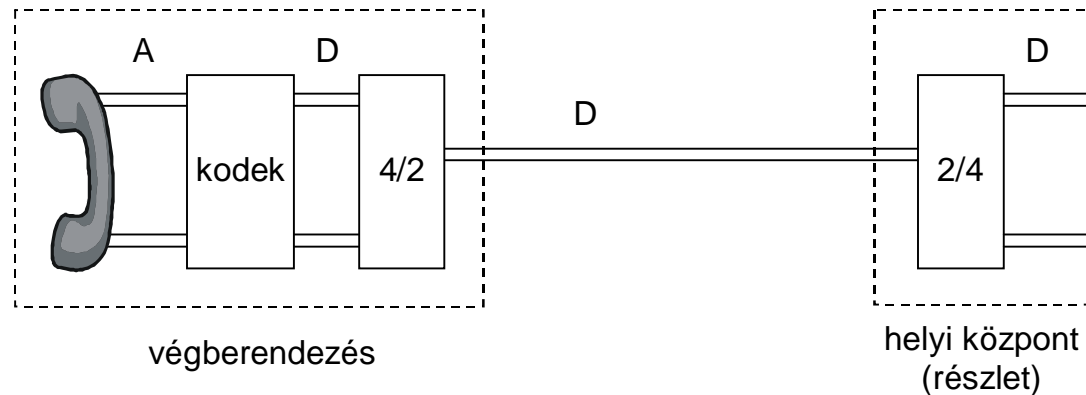
**p** Kézibeszélő négyhuzalos (értelemszerű)

**p** Előfizetői hurok kéthuzalos (így olcsóbb)

**p** Központon belüli feldolgozás, központok közötti átvitel négyhuzalos (így egyszerűbb)



(a) analóg végberendezés



(b) digitális végberendezés

# A 2/4 huzalos átalakítás megvalósítása

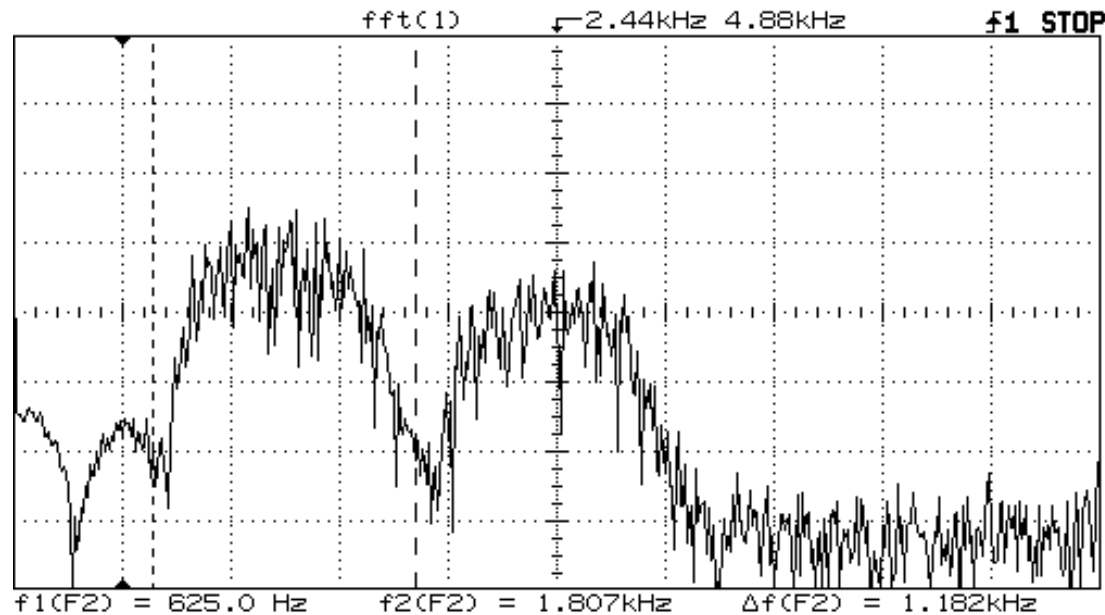
---



- p Cél: duplex kommunikáció egyetlen érpáron
- p Konkrét kérdések:
  - n PSTN esetben: 2 x 4 kHz egy érpáron
  - n BRA ISDN esetében: 2 x 144 kb/s egy érpáron
- p Elvi lehetőségek:
  - n szétválasztás frekvenciatartományban
  - n szétválasztás időtartományban
  - n a két különböző irányú jel szuperponálása, majd szétválasztása
  - ∅ Ezeket vesszük sorra a következő fóliákon!

# Duplex kommunikáció

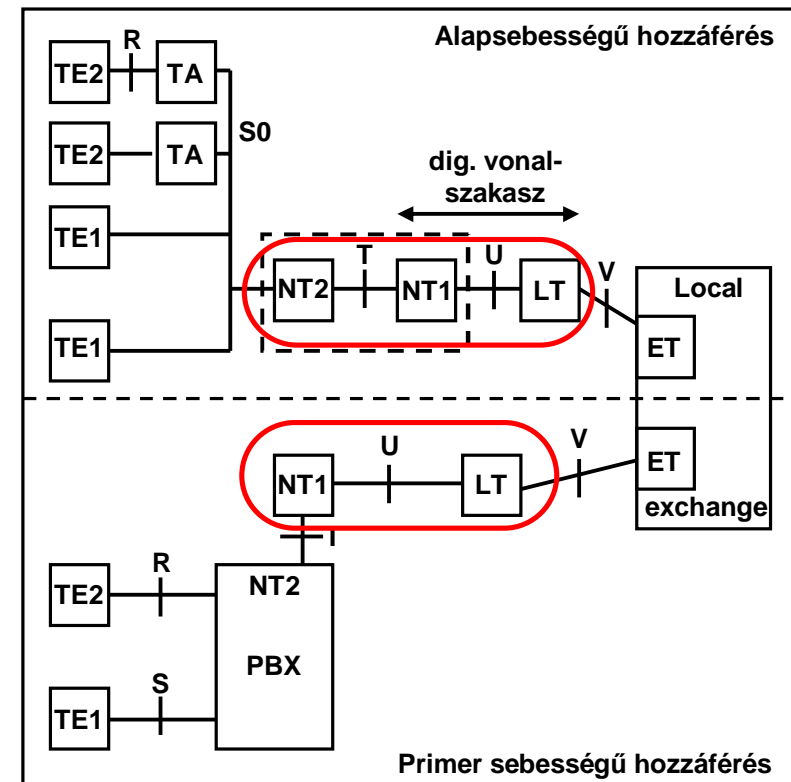
- p Elvi lehetőség: szétválasztás frekvenciatartományban
  - n (FDD: Frequency Division Duplexing)
  - n szétválasztás alul/felüláteresztő szűrőpárokkal (váltósűrő, splitter)
  - n pl. V.22 modem szabvány használja (adatátvitelre)



- n használják pl. ADSL-ben is
- n előfizetői hurkon PSTN/ISDN esetén azonban nem

# A 2/4 huzalos átalakítás megvalósítása

- p Elvi lehetőség: szétválasztás időtartományban
  - n (TDD: Time Division Duplexing)
  - n időkompressziós módszer avagy ping-pong módszer
    - p egyszer egyik ad, egyszer a másik
  - n pro: egyszerű
  - n kontra: magasabb vonali jel-sebesség, számít a vonal késleltetése
  - n pl. ISDN esetén használják egyes esetekben az U interfészen
  - n nyilvános ISDN hálózatokban ma már nem
  - n az egyik tanszéki ISDN rendszer azonban ezt használja

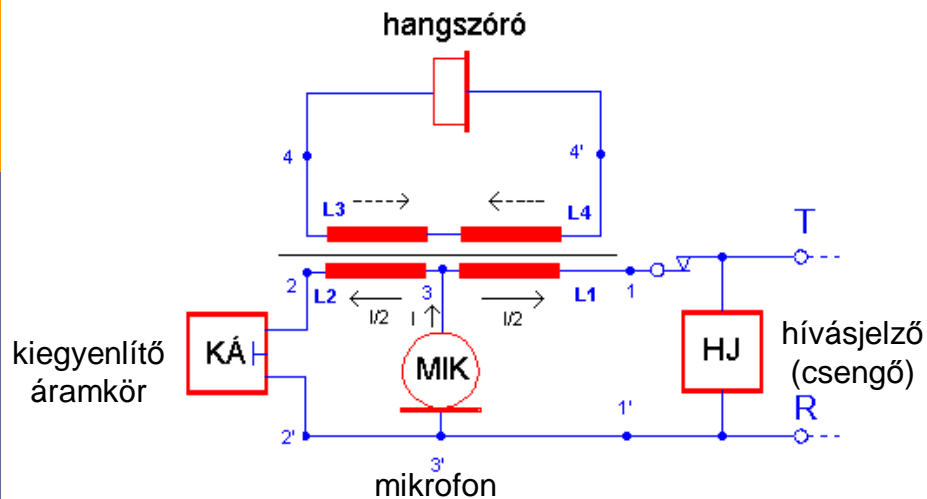




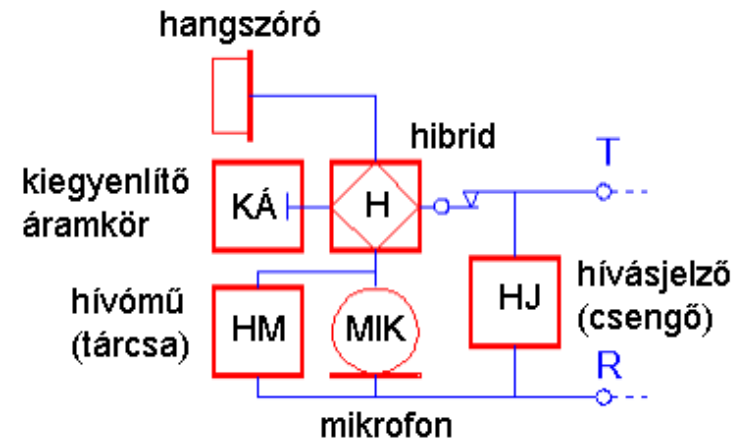
# A 2/4 huzalos átalakítás megvalósítása

- Elvi lehetőség: a két különböző irányú jel szuperponálása, majd szétválasztása
  - más néven: villaáramkör, alias hibrid
  - analóg (PSTN) előfizetői hurokban ez használatos**
  - egyszerű
  - többféleképpen megvalósítható, alább egy transzformátoros megvalósítás látható
    - a mikrofon árama nem jut be a hangszóróba
    - a mikrofon áramának fele jut csak az előfiz. hurokra
    - ha a vonalutánszat (=KÁ, kiegyenlítő áramkör) nem pontos: visszhang keletkezik

analóg távbeszélő készülék:



ugyanez vázlatosabban:



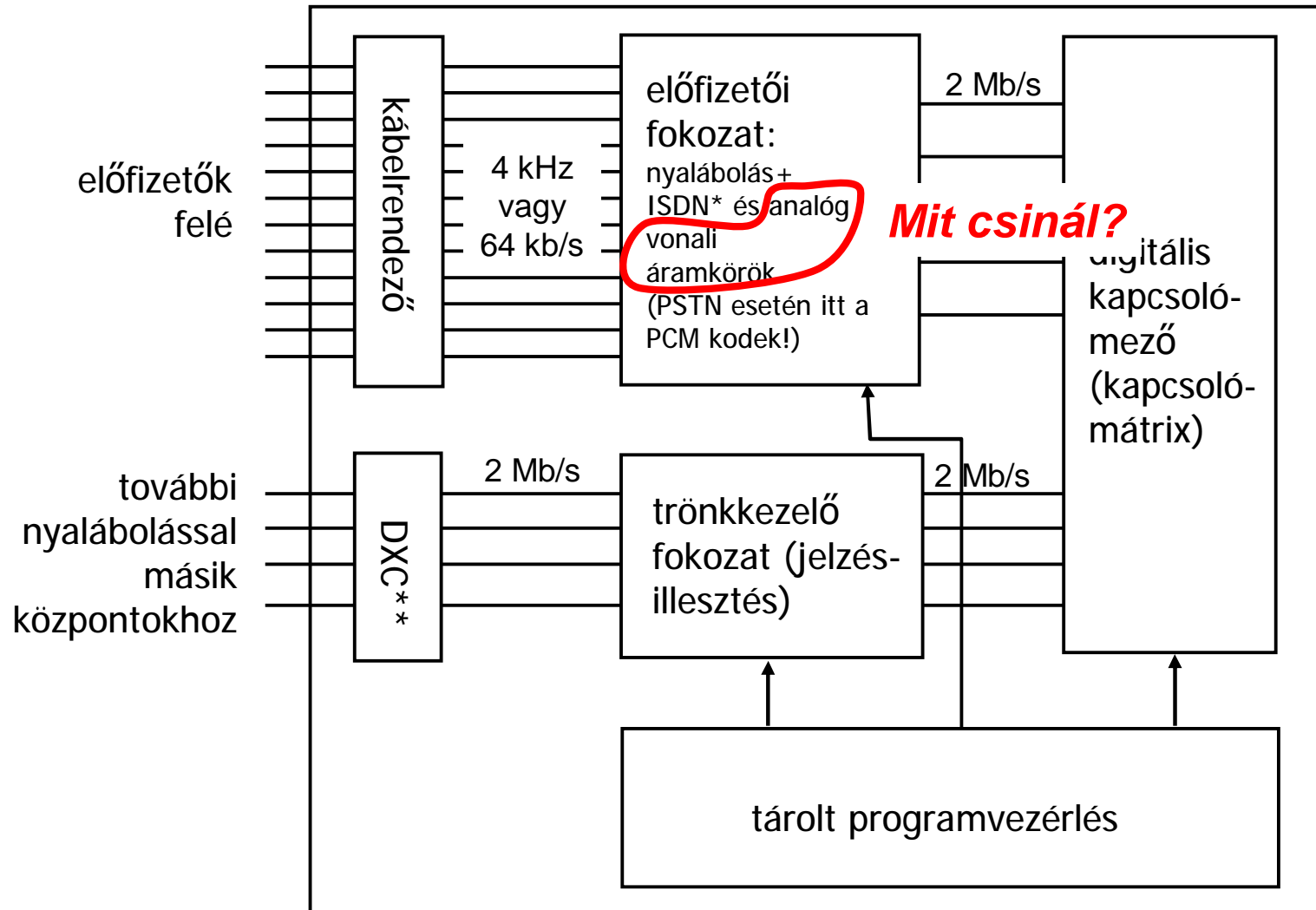
kiegészítő magyarázat: <http://tel.tmit.bme.hu/meresek/3-6.htm>, <http://tel.tmit.bme.hu/meresek/hibrid.htm>

# A 2/4 huzalos átalakítás megvalósítása

---

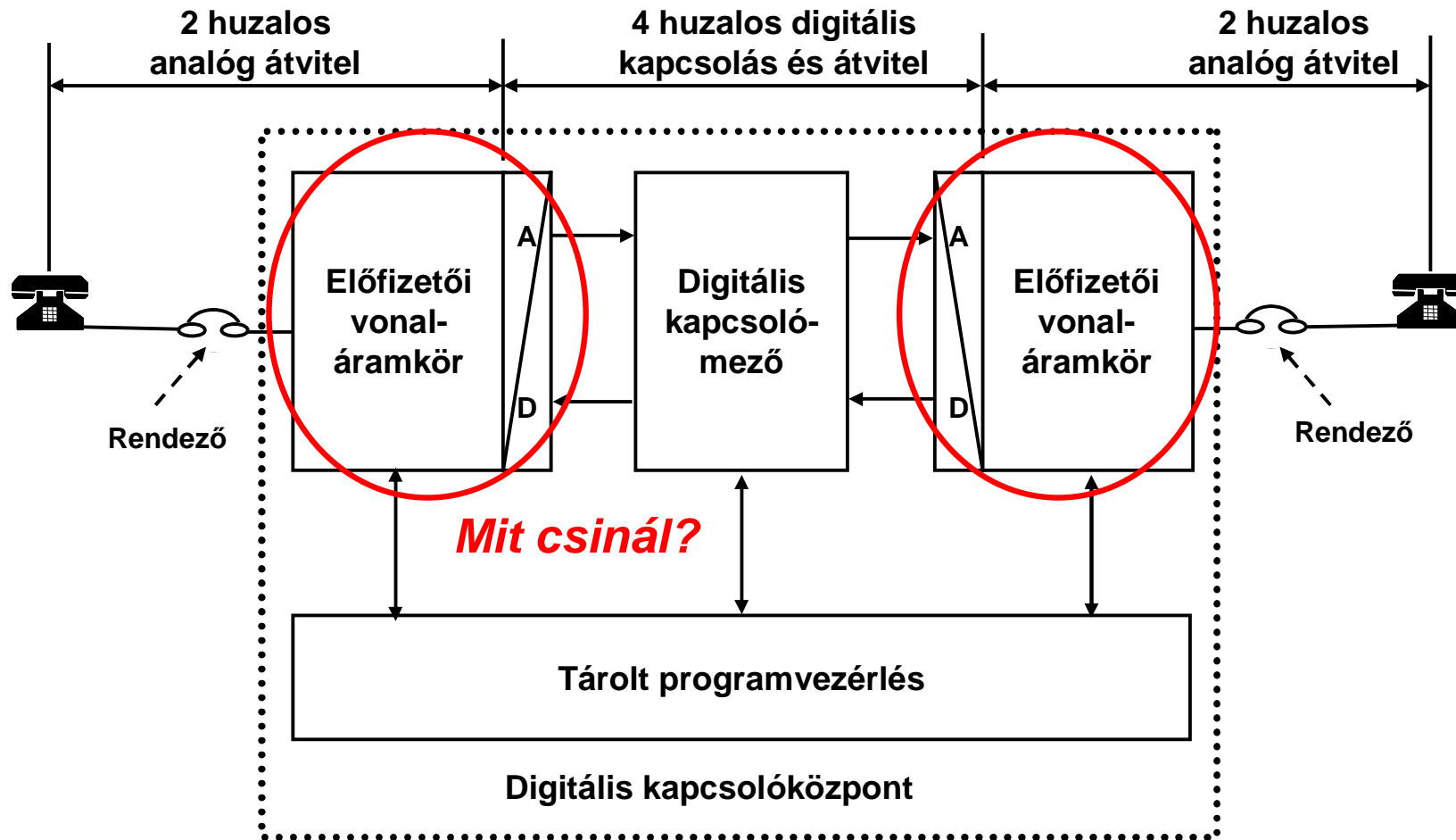
- p Elvi lehetőség: a két különböző irányú jel szuperponálása, majd szétválasztása
  - n analóg (PSTN) előfizetői hurokban ez használatos
  - n ISDN esetében is leggyakrabban ezt használják az U interfészen (előfiz. hurok), kiegészítve az echotörléssel
    - p a keletkezett visszhangot kiszűrik, hogy ne zavarja a digitális kommunikációt

# PSTN előfizetői vonaláramkör



# Az előfizetői vonaláramkör

p Ugyanez egy másik ábrán:



(az ábra feltételezi, hogy a két előfizető ugyanahhoz a központhoz kapcsolódik)

# BORSCHT

- ⌘ **B**attery feeding: távtáplálás
- ⌘ **O**vervoltage protection: túlfesz. védelem
- ⌘ **R**inging: a hívott vonal csengetése
- ⌘ **S**upervision/**s**ignaling: a hurok zárásának figyelése  
(kézibeszélő felemelése)
- ⌘ **C**oding, decoding: A/D, D/A átalakítás (PCM)
- ⌘ **H**ybridringing: 2/4 huzalos átalakítás
- ⌘ **T**esting: az előfizetői hurok igény szerinti ellenőrzése



*Borscs*

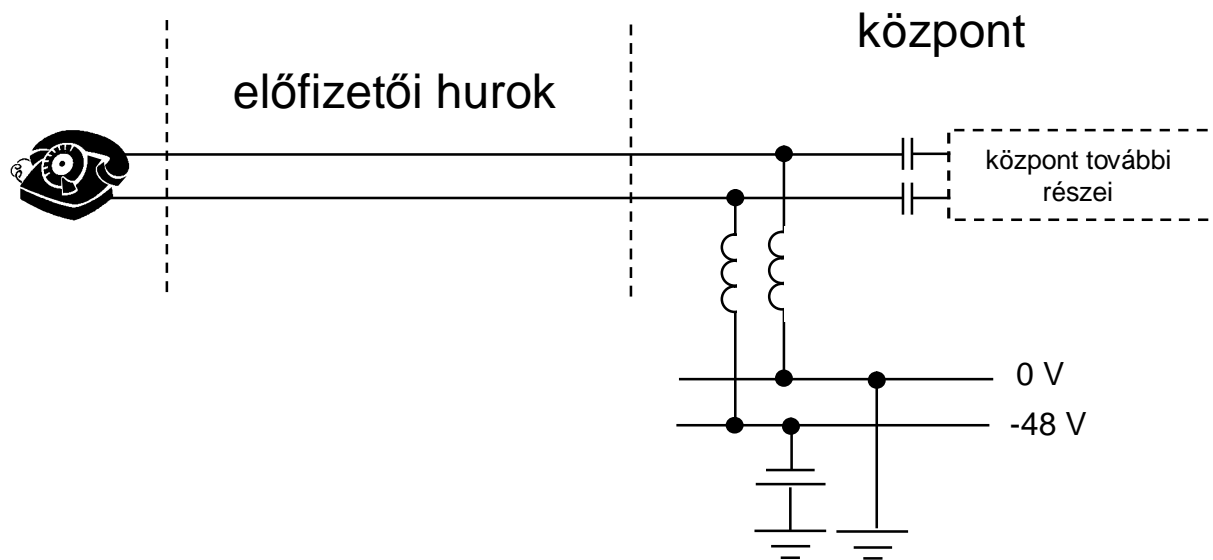
# Battery feeding: távtáplálás

---

- p A hőskorban LB (local battery, helyi telep) távbeszélő készülékek
- p Manapság kizárólag CB (central battery, központi telep)
  - n egyszerűbb így a felhasználónak
  - n a távbeszélő szolgáltatás *alapszolgáltatás*, nem támaszkodik más szolgáltatásokra
    - p de: pl. vezeték nélküli (cordless) készülékeknek ez kevés
- p 20-100 mA
  - n A régi szénmikrofonokhoz kellett ekkora áram és ehhez...
- p 48 V DC (egyenáram)
  - n minél nagyobb feszültség, annál nagyobb lehet a fenti áramhoz az előfiz. hurok ellenállása (ún. hurokellenállás)
    - o azaz annál vékonyabb, olcsóbb rézdrót használható
  - n de: túl nagy feszültség veszélyes az emberre
    - o a 48 V jó kompromisszum
  - n Földhöz képest: -48 V (és 0 V): a negatív fesz. megakadályozza a korróziót, ami a réz vizes oldatok ionjaitól szenvedne, ha megsérülne a vezeték
  - n Én -52,2-t mértem...

# Battery feeding: távtáplálás

## ρ Táphíd:



# Overvoltage protection: túlfesz. védelem

---

p Cél: védeni:

- n embert
- n gépet

p Tipikus veszélyek:

- n villám
- n zárlat
- n kívülről indukált áram

p Védekezési mód

- n villám ellen: a rendezőben légréses védelem, kb. 750 V-nál átüt
- n zárlat ellen: elektronikus megoldások
- n külső indukció ellen: szimmetria (sodort érpár/érnégyes)



# Ringging: a hívott vonal csengetése

---

- p 75-100 V (!!), 200 mA (!), 16,6...25 Hz, országonként változik
  - n más forrás:15-68 Hz, USA 20 Hz, Eu. 25 Hz a tipikus, 40-150V
- p ma már túlzás, anno a fizikai csengetéshez kellett
- p tipikusan 2 sec csöngetés, 4 sec szünet
- p ettől a nagy feszültségtől a kodeket és más érzékeny áramkört meg kell védeni

# Supervision/signaling: a hurok zárásának figyelése

---

- ⌘ A hurok zárása/nyitása volt régen minden előfizetőtől érkező jelzés:
  - n Hívó félnél:
    - ⌘ Hurok zárása (kézibeszélő fel („pick up the phone”), off-hook): hívás kezdeményezés jelzése
    - ⌘ Periódikus zárás-nyitás: hívószám tárcsázása
    - ⌘ Hurok nyitása (kézibeszélő le („hang up the phone”), on-hook): beszélgetés vége
  - n Hívott félnél:
    - ⌘ Nyitott hurok: előfizető szabad, hívható
    - ⌘ Zárt hurok: előfizető foglalt
    - ⌘ Hurok zárás: válasz a hívásra
    - ⌘ Hurok nyitás: beszélgetés vége (de analóg esetben ő nem szakíthatja meg a felépült kapcsolatot!)
  - n Kapcsolat (v. kapcsolatfelépítés) közben: flash (hook-flash):
    - ⌘ rövid ideig nyitjuk, majd újra zárjuk az áramkört
    - ⌘ „valamit szeretnék a központtól”
    - ⌘ pl. konferenciahívás, visszahívás, stb.
- ⌘ Alapesetben kb. 100 ms-onként „néz rá” a rendszer
- ⌘ Pulzusmódú tárcsázás közben (66 ms impulzus, 33 ms szünet) és csengetéskor gyakrabban: 10-30 ms

# C, H

---

p Coding, decoding: A/D, D/A átalakítás

n PCM kodek, már beszéltünk róla

p Hybridizing: 2/4 huzalos átalakítás

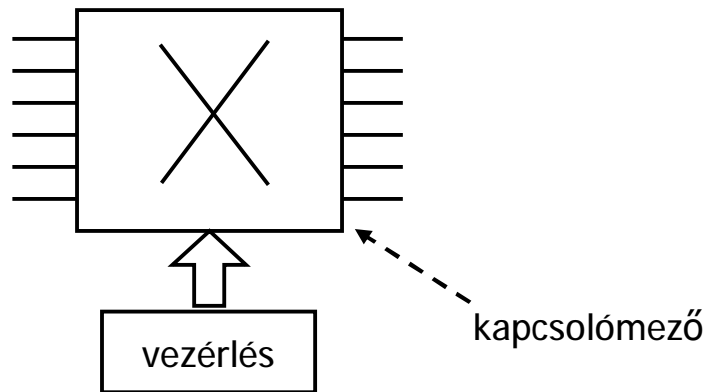
n Erről is volt már szó

# Testing: előfizetői hurok ellenőrzése

---

- p Egy tesztelő berendezést kapcsolunk a vonalra
  - n vonal állapotának felmérése, esetleges hibák megállapítása
  - n külön az előfizetői hurok, illetve a vonaláramkör központ felőli része (két tesztbusz van)
  - n időben lehet:
    - p periodikusan, tipikusan éjjel
    - p igény szerint azonnal

# Kapcsolás vs. digitális rendezés



- Közös bennük: bemenetek és kimenetek összekapcsolása
- Különbségek:

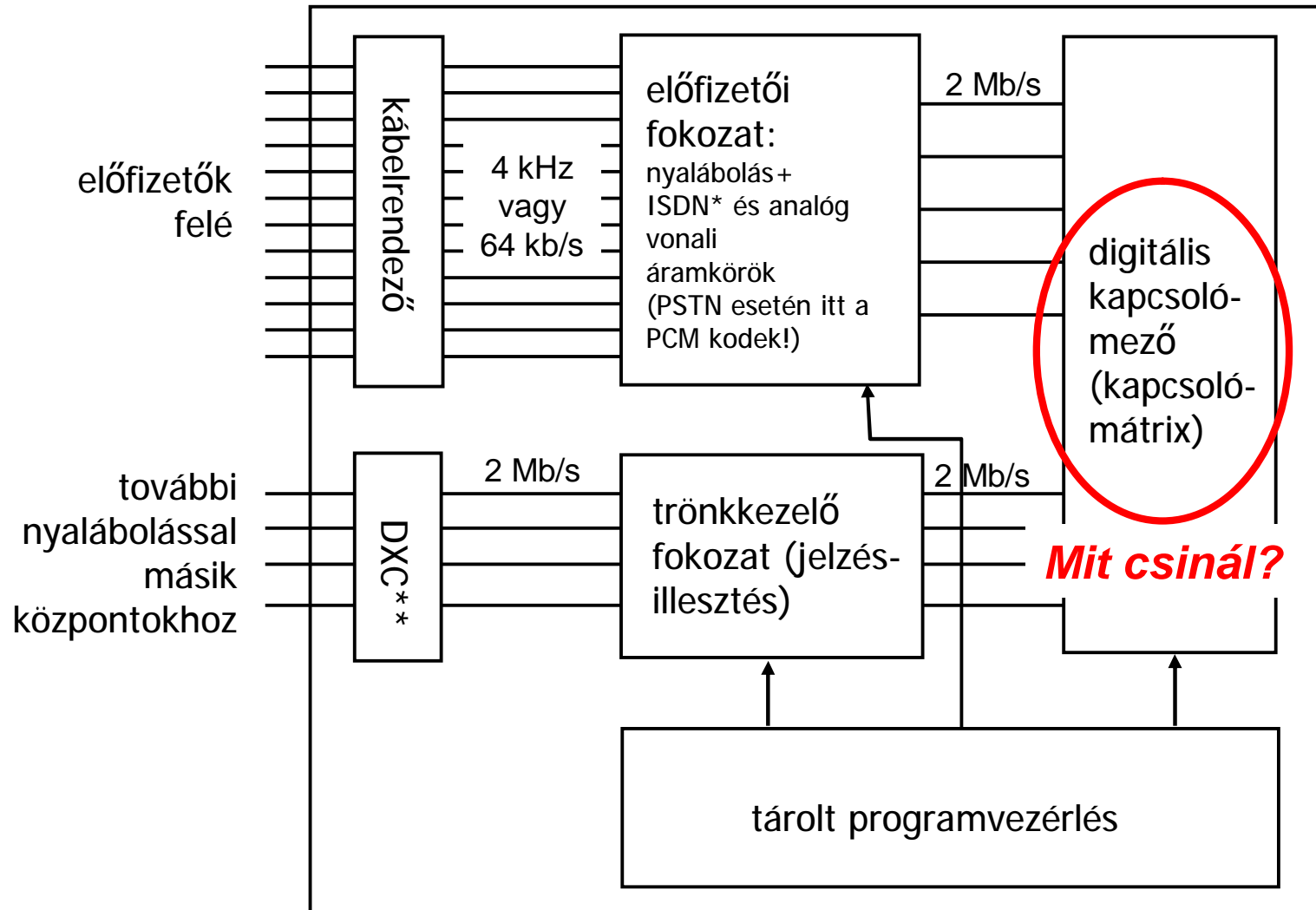
	kapcsoló	rendező
vezérlés	előfizető (jelzéssel)	hálózatmanager (operátor)
gyakoriság	gyakran (pl. másodperc)	ritkán (pl. hetente, havonta)
sebesség	gyors ( $\mu\text{s}$ , ms)	lassabb (sec)
kapcsolt áramkörök száma	1	sok (pl. több tízezer)

# Kapcsolóközpontok fejlődése

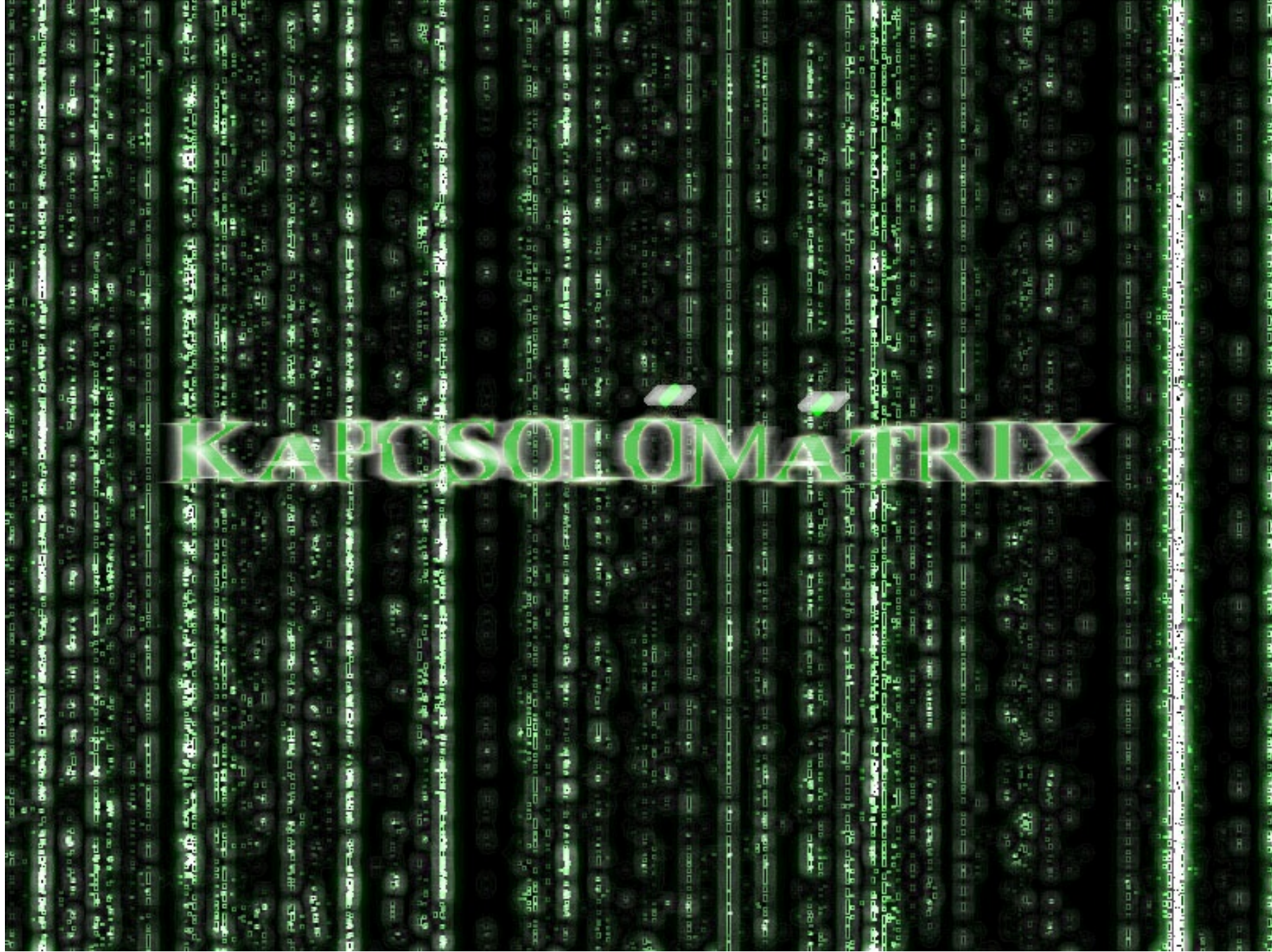
---

- p kézi kapcsolás: zsinóráramkör
- p elektromechanikus
  - n Strowger
    - p közvetlen vezérli a hívó a központot
  - n Rotary
    - p közvetett, regiszter a központban
  - n Crossbar
    - p keresztrudas
- p digitális
  - n tárolt programvezérlésű (TPV): szoftver vezérli
    - p itt történik pl. az útválasztás
  - n elvileg TPV-vel lehet a kapcsolómező analóg (ma már nincs ilyen)

# PSTN előfizetői vonaláramkör



# KAPC SOLIOMATRIX



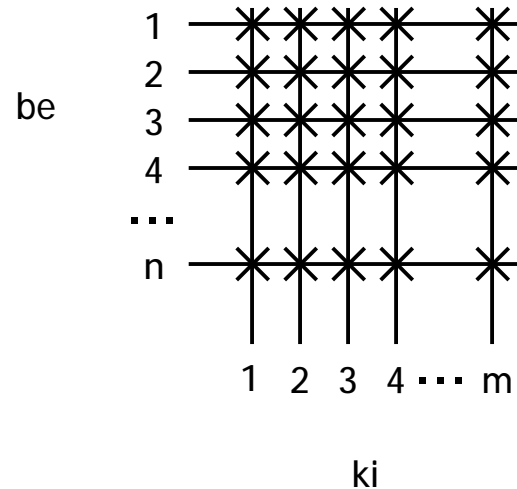


# Kapcsolómezők típusai

---

- p Elv: egyidejű összeköttetések elkülönítése:
  - n térosztásos térben
  - n időosztásos időben
  - n frekvenciaosztásos frekvenciában (gyakorlatban nem használják)
  - n kódosztásos kóddal (gyakorlatban nem használják)
- p Röviden:
  - n térkapcsolás, időkapcsolás
- p Mindegyik esetben valós áramkörkapcsolás, összeköttetés alapú

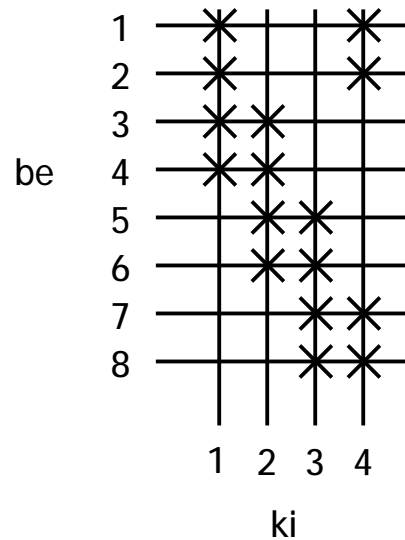
# Térkapcsolás (Space Division Switching, „S”)



- itt  $be \neq ki$  (pl. előfizető  $\rightarrow$  trönk)
- hátrány:  $n \cdot m$  kapcsolópont: túl sok, túl drága
- előny: nincs blokkolás
  - $n$  azaz ha szabad a kimenet, akkor kapcsolható

# Térkapcsolás (Space Division Switching, „S”)

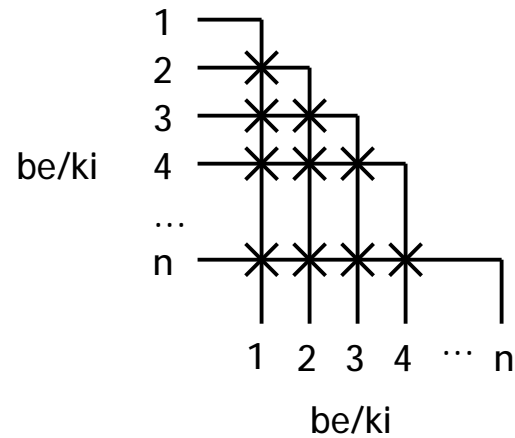
⌘ Ha nem kell teljes összekötöttség:



⌘ kevesebb kapcsolópont kell

# Térkapcsolás (Space Division Switching, „S”)

p Ha  $be = ki$ :

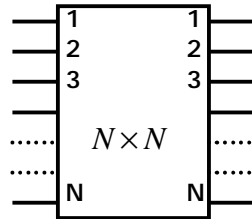


p  $\frac{n \cdot (n-1)}{2}$  kapcsolópont

# Többszintű kapcsolás

---

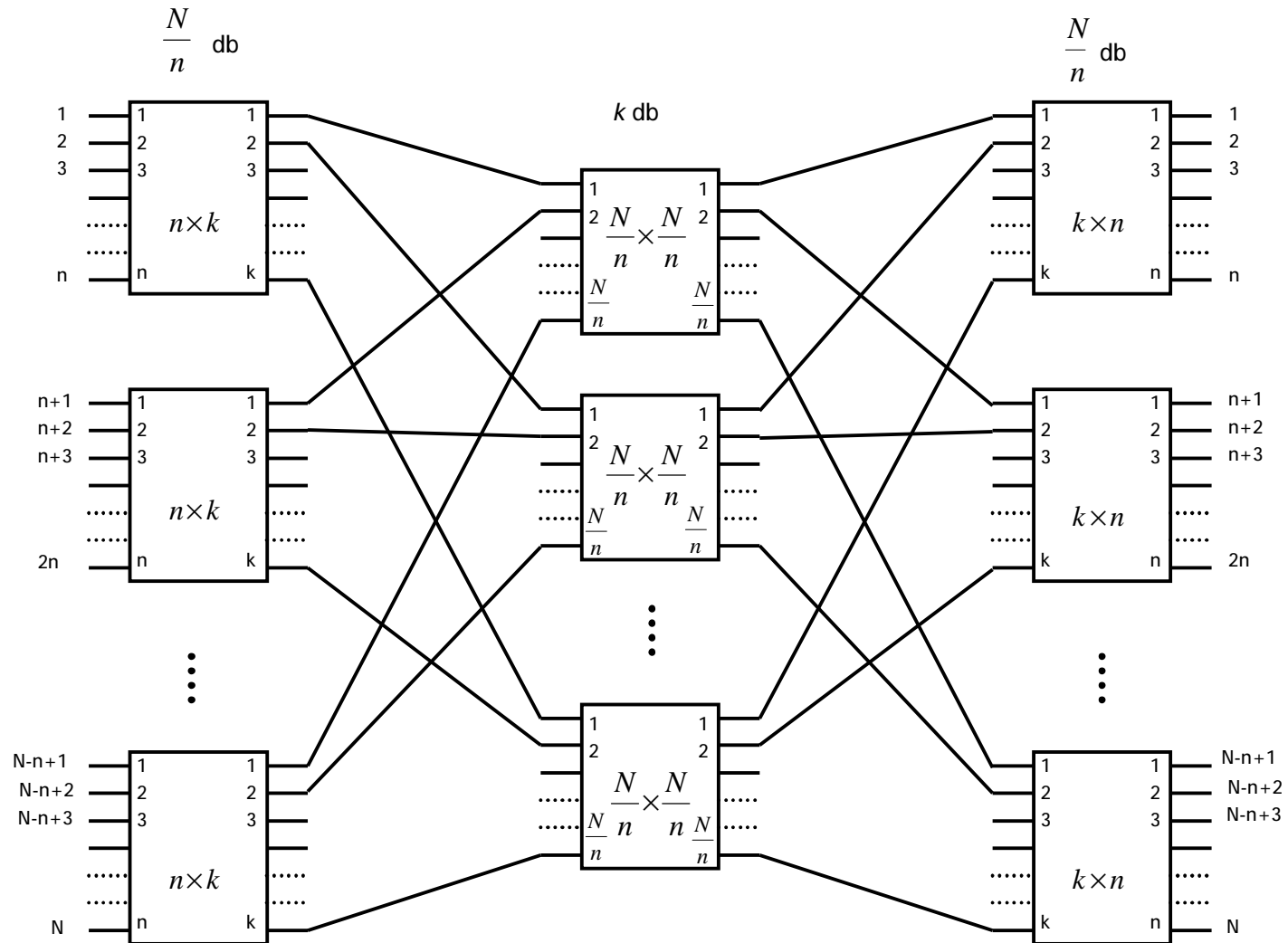
- Eddig egyfokozatú kapcsolásról volt szó:



- egyszerű és jól működik
  - de: túl sok a kapcsolópont
  - ezek kihasználtsága kicsi
- Megoldás: többszintű kapcsolás

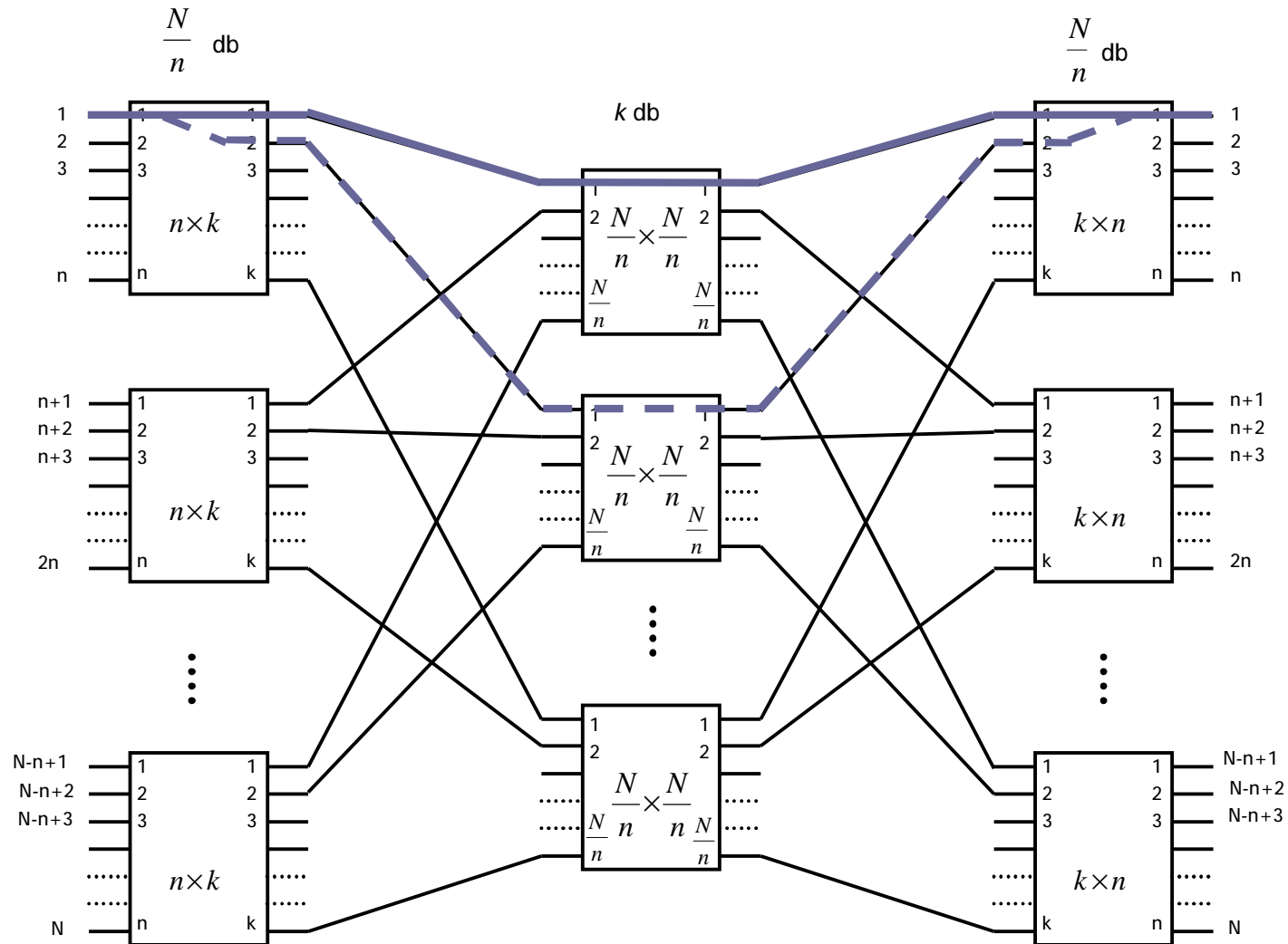
# Többszintű kapcsolás

☐ Példa: 3 fokozat:



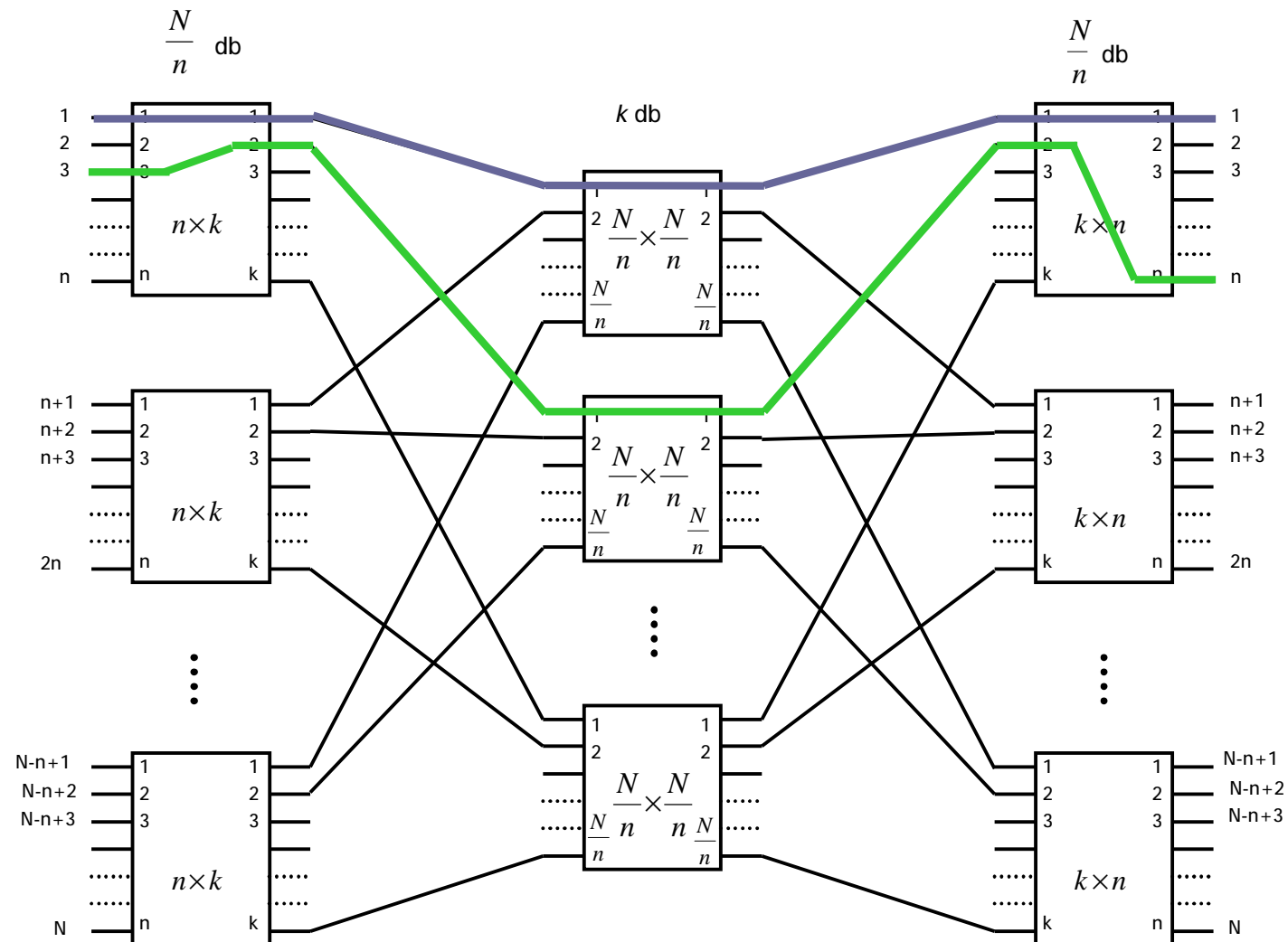
# Többszintű kapcsolás

☐ Egy kapcsolat felépítésére több lehetőség:



# Többszintű kapcsolás

- Egy új kapcsolat felépítésére egy középső fokozatot kell találni, amelynek szabad a megfelelő ki és bemenete is:





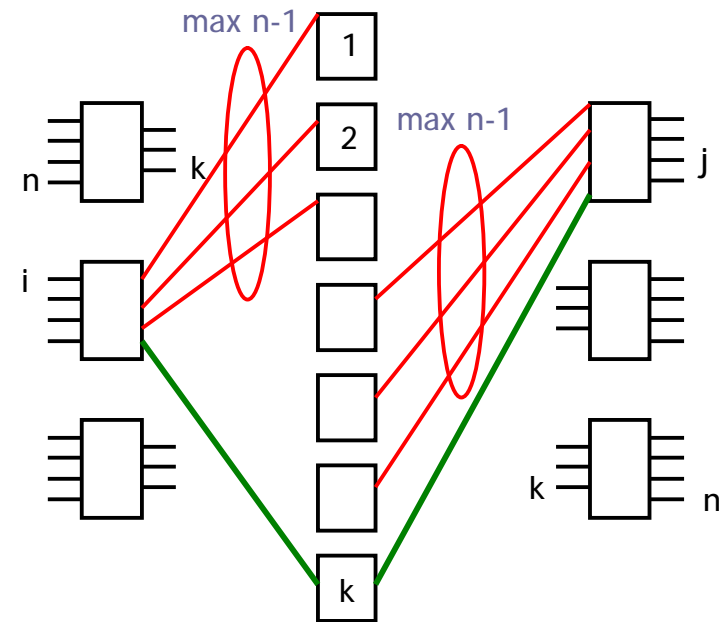
# Többfokozatú kapcsolás

---

- p Egy kapcsolat felépítése nem triviális többé:
  - n útkeresési algoritmus: több lehetőség közül az optimális kiválasztása
- p Megjelenhet a blokkolás:
  - n szabad a kimenet, de a kapcsolat mégsem épülhet fel, mert nincs elegendő belső erőforrás (itt: megfelelően szabad középső fokozat)
- p Cserébe: kevesebb kapcsolópont szükséges
  - n Egyfokozatú kapcsolás:  $N \cdot N = N^2$
  - n Háromfokozatú kapcsolás:  $\frac{N}{n} \cdot n \cdot k + k \cdot \frac{N}{n} \cdot \frac{N}{n} + \frac{N}{n} \cdot k \cdot n = 2Nk + \frac{N^2k}{n^2}$
- p Melyik a nagyobb?
  - n n és k függvénye
- p Kérdés: melyik az a legkisebb k, amire biztos nem lehet a rendszerben blokkolás?

# Többszintű kapcsolás

- Ⓟ Kérdés: *Melyik az a legkisebb  $k$ , amire biztos nem lehet a rendszerben blokkolás?*
- Ⓟ Válasz:  $k=2n-1$
- Ⓟ Hiszen egy tetszőleges  $i$  bemenet és egy tetszőleges  $j$  kimenet közötti kapcsolat felépítéséhez kell egy középső fokozat, amelynek:
  - Ⓝ szabad az összeköttetése az  $i$ -hez tartozó első fokozattal
  - Ⓝ szabad az összeköttetése az  $j$ -hez tartozó harmadik fokozattal
  - Ⓝ a legrosszabb esetben is  $2 \cdot (n-1)$  középső fokozat lesz így foglalt, ennél eggyel több már elég. QED



# Többfokozatú kapcsolás

p Példa blokkolásmentes esetre:

N	kapcsolópontok 1 fokozat esetén	kapcsolópontok 3 fokozat esetén	n	N/n	$k=2n-1$
128	16 384	7680	8	16	15
8192	67 millió	4,2 millió	64	128	127
131072	17 milliárd	268 millió	256	512	511

p Jelentős megtakarítás, de még mindig túl sok a kapcsolópont

p Megoldás lehet:

n több fokozat (pl. 5 vagy 8)

n blokkolás megengedése (kis eséllyel)

# Optimális $n$ választás

---

- Tudjuk: a kapcsolópontok száma:  $x = 2Nk + \frac{N^2k}{n^2}$
- blokkolásmentes esetben:  $k = 2n - 1$
- innen:  $x = \frac{4Nn^3 - 2Nn^2 + 2N^2n - N^2}{n^2}$
- ennek keressük a minimumát.
- Deriválva, nullhelyet megkeresve kapjuk, hogy nagy  $N$ -re a minimum (ez nem triviális lépés):  $n \approx \sqrt{\frac{N}{2}}$
- innen:  $x_{\min} \approx 4N(\sqrt{2N} - 1)$
- ... és ez szerepel a táblázatban

(A levezetést nem kell tudni, de a logikai lépéseket érteni, tudni kell.)

# Többfokozatú kapcsolás

p Példa blokkolósos esetre:

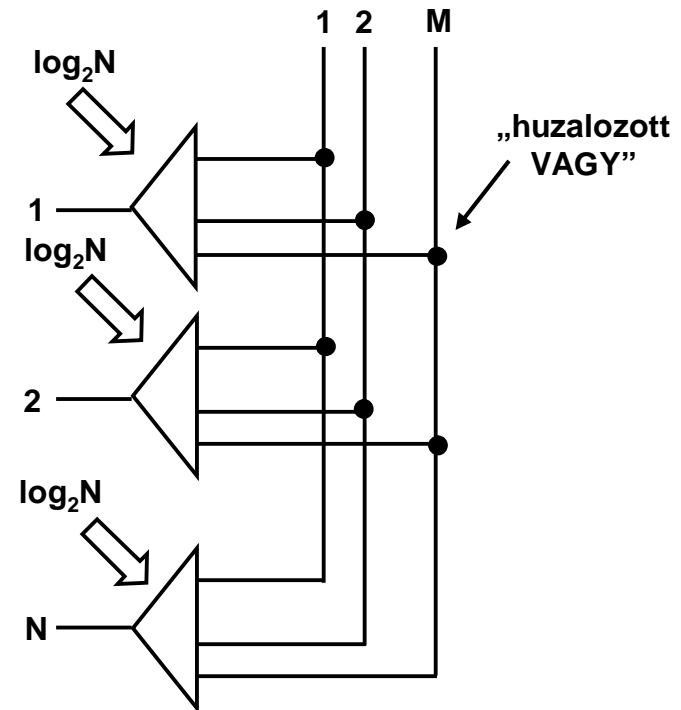
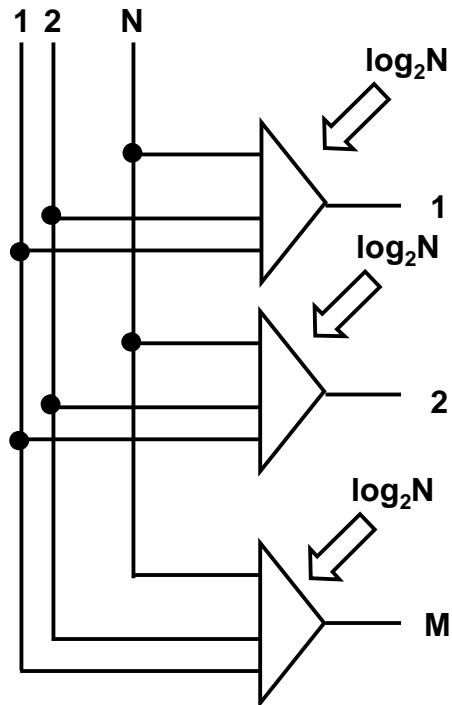
n blokkolási valószínűség: 0,002 (=0,2%)

N	1 fokozat (blokkolás- mentes)	3 fokozat, blokkolás- mentes	3 fokozat, bemenet kihasználtság: 0,7		3 fokozat, bemenet kihasználtság: 0,1	
	kapcsoló- pontok	kapcsoló- pontok	kapcsoló- pontok	k/n	kapcsoló- pontok	k/n
128	16 384	7680	7168	1,75	2560	0,625
8192	67 millió	4,2 millió	2,1 millió	1,0	491520	0,234
131072	17 milliárd	268 millió	113 millió	0,84	21,5 millió	0,160

# Térkapcsolás digitális megvalósításai

p Pl.:

vagy másképp:



▷ : multiplexer (a Digitális Technika tárgyból tanult értelemben: egy bemenet kirakása a kimenetre)

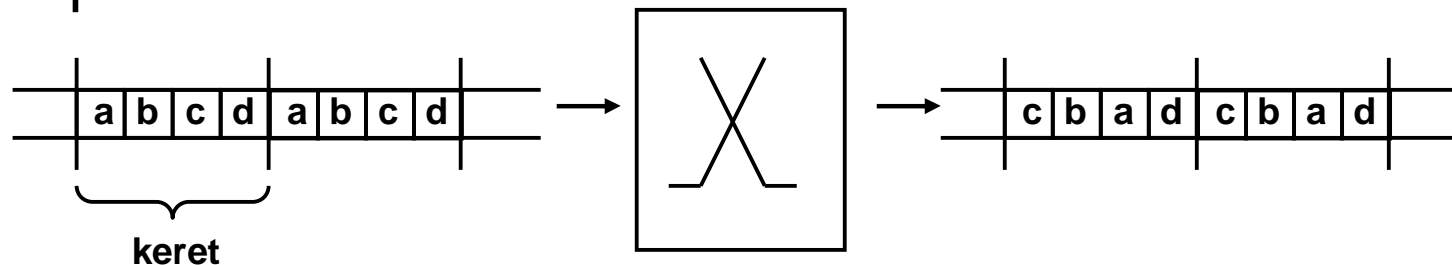
◁ : demultiplexer (a Digitális Technika tárgyból tanult értelemben: a bemenet kirakása egy kimenetre)

p Az integrált áramkörök ára kb. a lábszámmal arányos

# Időosztásos kapcsolás

Időkapcsolás (Time Switching, „T”)

Alapötlet:



Megvalósítás: memória (olcsó)

n soros beírás, nem soros („random”) kiolvasás

n nem soros beírás, soros kiolvasás

1 keretnyi késleltetés

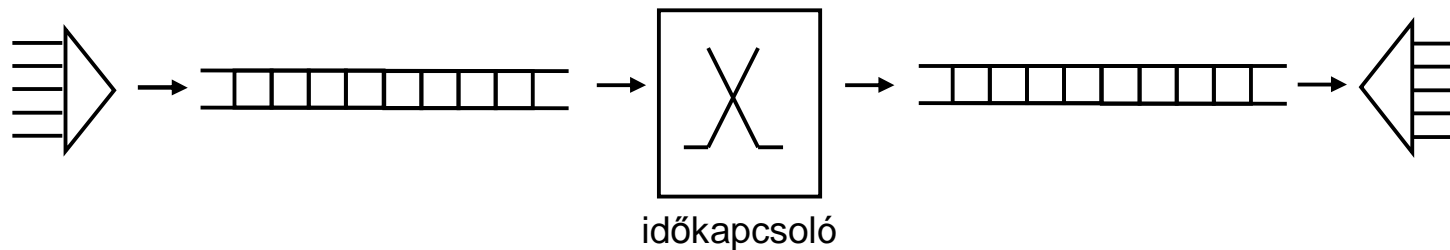
Ráadásul a memória sebessége véges: néhány száz, max. néhány ezer időrés lehet egy 125  $\mu$ s hosszú keretben

Gyakorlatban: 30 időrés/keret ( $30 * 64 \text{ kb/s} \approx 2 \text{ Mb/s}$ )

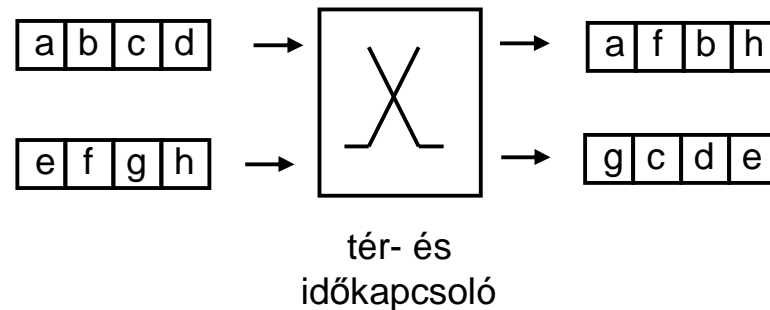
# Időkapcsolás

p Mire jó?

p Példa: térkapcsolás időkapcsolóval



p jobb alkalmazás: tér- és időkapcsolás együtt

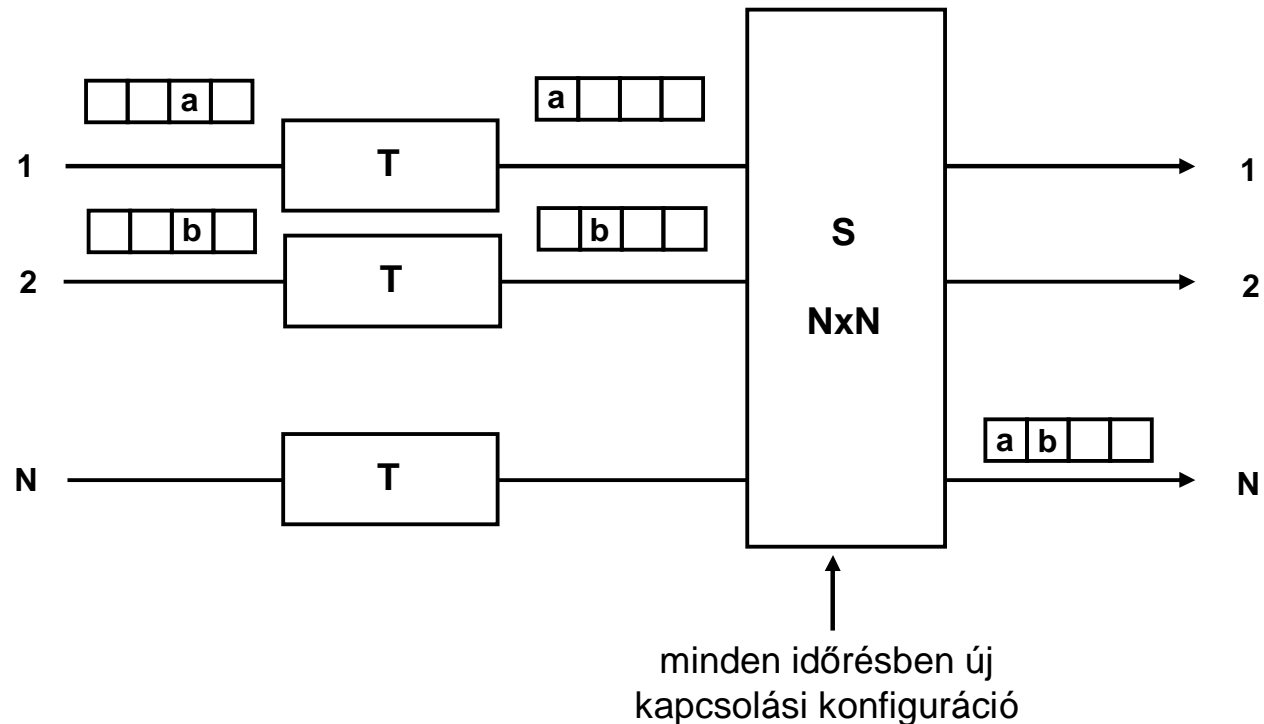


n hiszen a bemeneti jelek amúgy is TDM jelek!



# Tér- és időkapcsolás

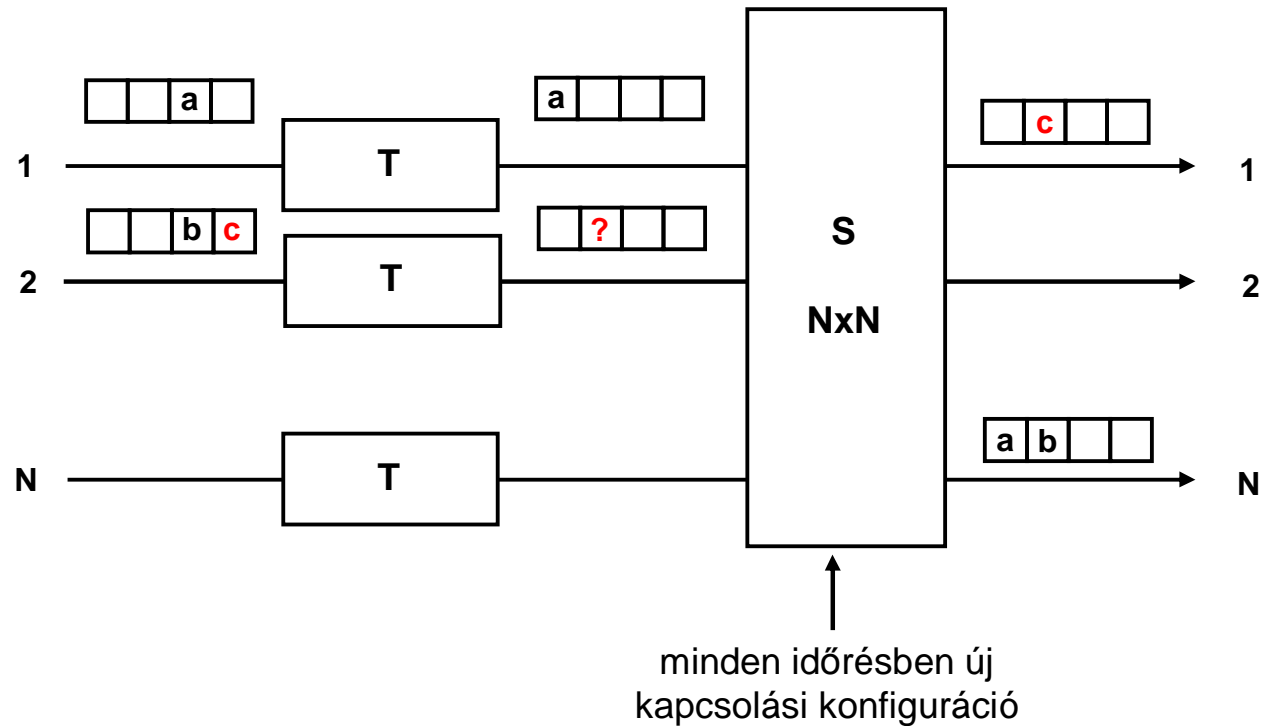
p Megvalósítás pl.: TS kapcsoló



- n a gyakori kapcsolás segítségével jobban kihasználjuk a térkapcsolópontokat
- n az egészhez egy központi vezérlés tartozik, amely megmondja az elemeknek (T, S), hogy mit csináljanak (TPV)
- n egy meglévő kapcsolatot annak a lebontásáig már nem helyezünk át

# Tér- és időkapcsolás

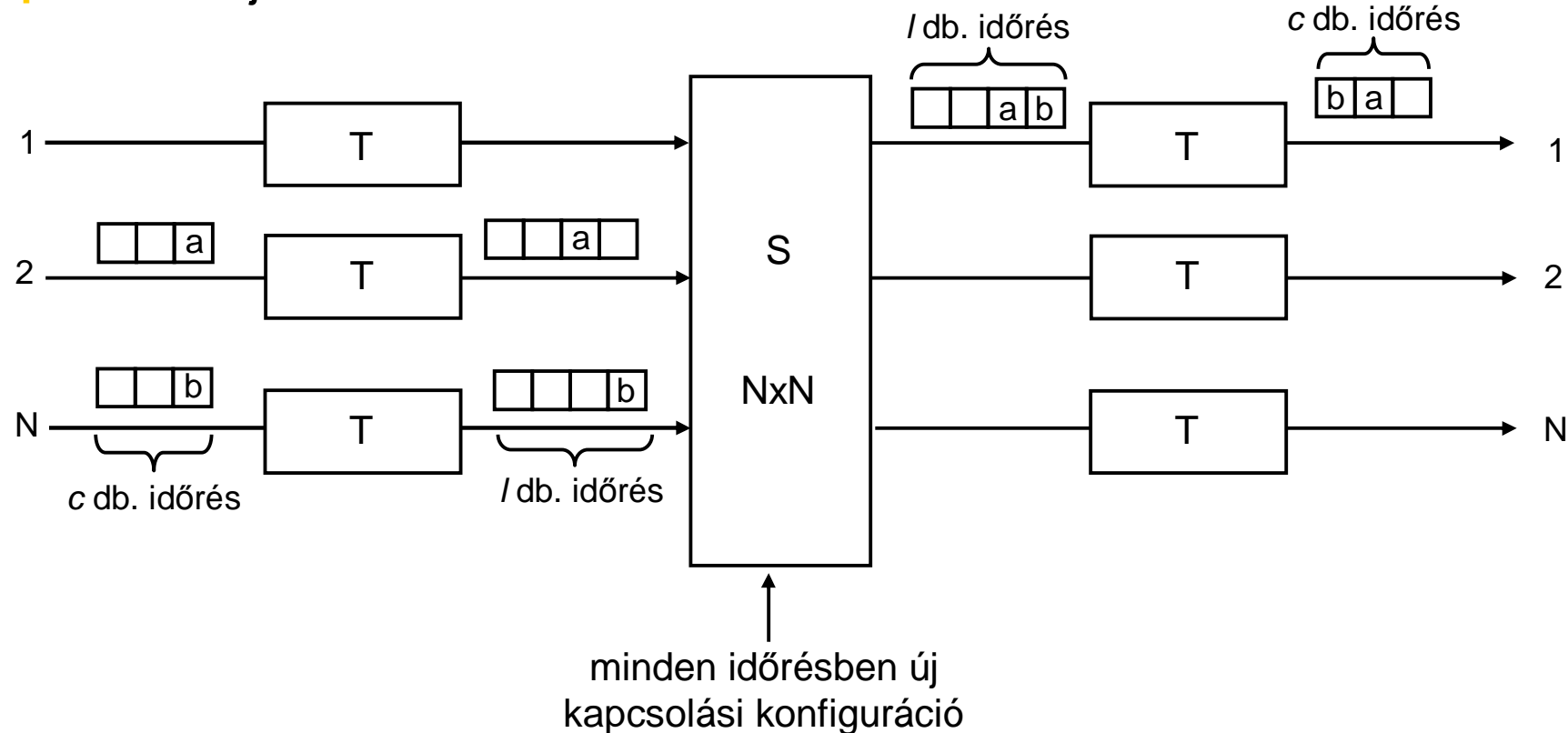
p TS kapcsoló nem kellően jó:



n ilyen egyszerű helyzetben is blokkolás lép fel

# Tér- és időkapcsolás

p TS-nél jobb: TST



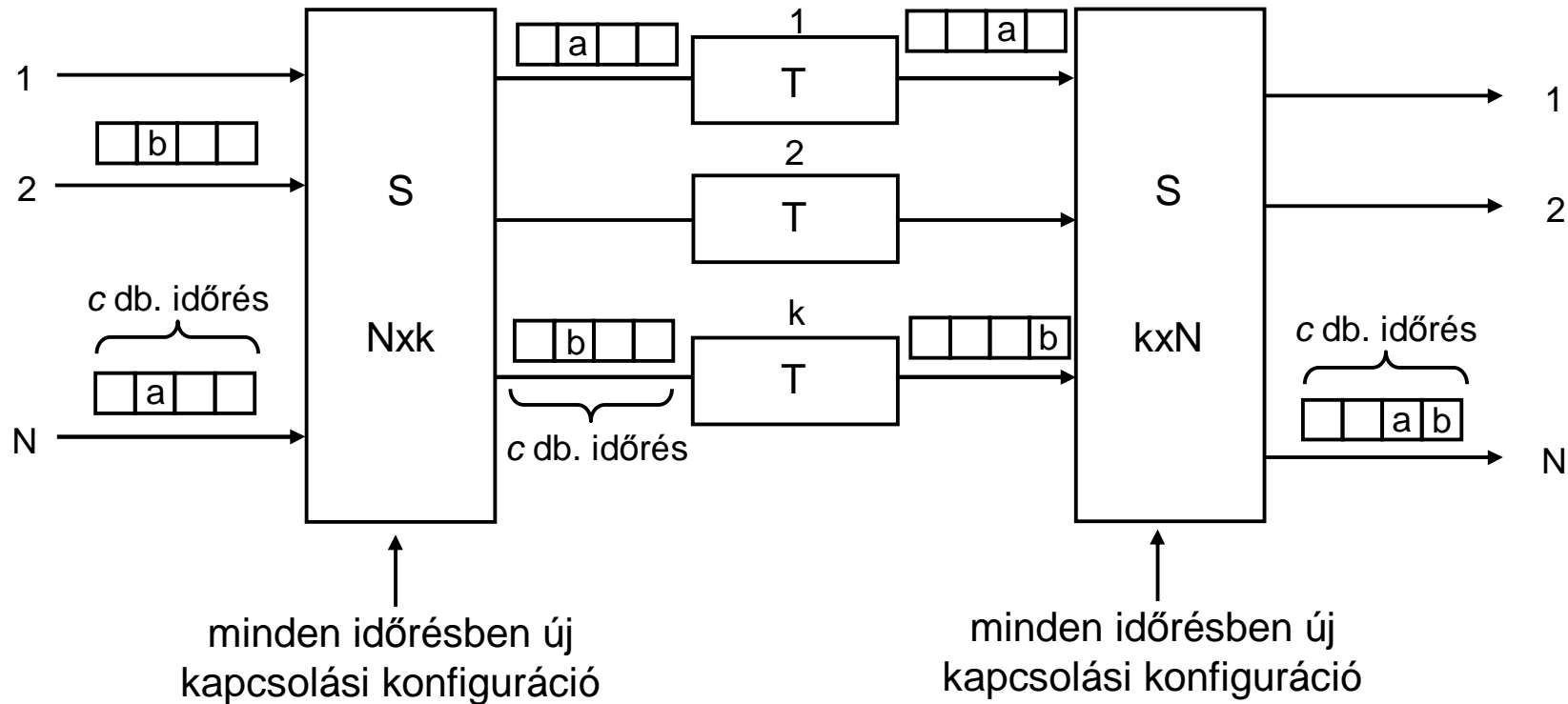
p az előző blokkolási helyzetet jól kezeli

p egyáltalán nincs blokkolás, ha  $l=2c-1$

n a három fokozatú térkapcsolónál látott módszerrel bizonyítható

# Tér- és időkapcsolás

• Másik lehetőség: STS



• nincs blokkolás, ha  $k=2N-1$  (független  $c$ -től)

• a bizonyítás hasonló az előzőekhez

• van még pl. TSSST: TST, de három fokozatú térkapcsolóval