



1. Mire használják a PCM interfészt?

A ITU-T G.703 2048 kbit/s interfész (más elnevezésekkel: CEPT-, E1, európai- PCM interfész) egy négyhuzalos, teljes duplex, időosztásos elven multiplexelt átviteli képességekkel rendelkező interfész 2048 kbit/s átviteli sebességgel (harminc 64 kbit/s PCM hang vagy adat csatorna, egy 64 kbit/s jelzőcsatorna, 64 kbit/s szinkronizáció, felügyelet és szervíz). Az interfészt széles körben használják (pl. különféle hálózati elemek (központok, multiplexek, vonalillesztők, összekapcsolására). Az ISDN is átvette ezt a szabványt, ez a primer sebességű ISDN hálózati hozzáférés alapja.

2. Milyen adatcsere vezetékeket használ a PCM interfész?

A PCM interfész a megvalósításához szükséges egy 2x2 vezetékből álló szimmetrikus (sordott vezetékpár) vagy aszimmetrikus (koaxiális kábel) fém átviteli közeg mindkét irányban 2048 kbit/s átviteli kapacitással.

3. Mennyi a jelimpulzus amplitúdója a PCM interfészen?

	aszimmetrikus	szimmetrikus
névleges impedancia	75 ohm	120 ohm
impulzus amplitúdó (mark)	2,37 V	3 V
a "space" jelhez tartozó feszültség	0 +/- 0.237 V	0 +/- 0.3 V

4. Mire szolgál a vonali kódolás? Mit használnak a PCM-hez? RZ vagy NRZ a kódolás?

- A vonali kódolás a digitális jelátvitelben az a művelet, mely során a továbbítandó **információhoz** - a forrás szimbólumsorozathoz - olyan **jelsorozat**ot - vonali szimbólumsorozat - rendelünk, mely az **átviteli úton** a legkisebb torzítással halad át.
- **vonali kódolás: HDB3 / RZ**

(**HDB3** /High-Density-Bipolar (third-order)/ kód. A kódot az ITU-T G.703 ajánlja 2048 kbit/s interfészekre. A kód az **AMI kód** továbbfejlesztett változata. A kódolás során négy közvetlenül egymást követő bináris 0 jelet a következő sorozattal helyettesítünk: **B00V**, ahol B - a bipoláris szabályt megtartó , V - a bipoláris szabályt sértő impulzus. NRZ (No Return to Zero) nullára vissza nem térő kódolás esetén a vonali jel teljesen kitölti az elemi jel időt, (RZ) esetén csak részben

5. Milyen alapvető követelményeket támasztanak a vonali kódolási eljárásokkal szemben?

- A vonali szimbólumsorozat (jel) egyértelműen **dekódolható** legyen
- A vonali szimbólumsorozatból az **időzítő információ** kinyerhető legyen
- A vonali szimbólumsorozatnak ne legyen **egyenáramú komponense**.
- A vonali átvitel forrás szimbólumsorozat (bitsorozat) független (**transzparens**) legyen.
- A vonali jel spektrumában a kisfrekvenciás összetevők kis amplitúdójúak legyenek.
- A vonali jel rendelkezzen elegendő **redundanciával** az átvitel során fellépő hibák felderítéséhez.



6. Mi a különbség a bitsebesség és a jelzési sebesség között, eltérhet-e a két érték egy interfészen és milyen irányban?

- **bitsebesség:** az időegység alatt továbbított információ mennyisége [bit/s]
- **jelzési sebesség:** az időegység alatt továbbított vonali szimbólumok száma [Baud]

Ritka az az eset, amikor a két érték megegyezik. Például a 2B1Q kódolásnál a jelzési sebesség fele a bitsebességnek, míg a Manchester kódolás esetén a jelzési sebesség a duplája a bitsebességnek.

7. Mekkora távolság hidalható át egy PCM interfésszel? Mit teszünk akkor, ha a lehetségesnél nagyobb távolságot kell áthidalni?

Mekkora az interfésszel áthidalható távolság? Ez az átviteli közeg hosszegységre eső csillapításától függ. Előírás, hogy a bitsebesség felénél (1 MHz-en) az átviteli közeg csillapítása 6 dB-nél kisebb értékű kell legyen. Ennél nagyobb távolság áthidalására a két interfész közé digitális vonalszakaszt kell beiktatni.

8. Ismertesse a keret és a multikeret definícióját!

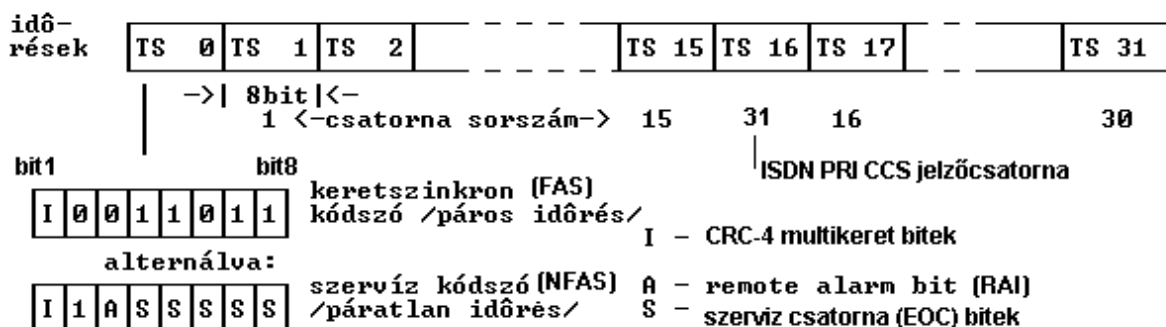
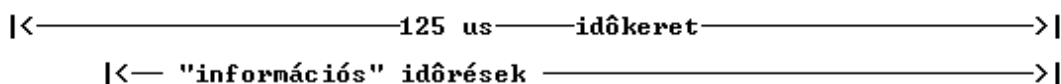
- **Keret** - (frame) - A digitális jel valamilyen szempontból összetartozó biteinek halmaza. Az időosztásos keret időrésekre oszlik. A keret arra szolgál, hogy a továbbítandó hírszöveget (hasznos teher, payload) továbbítani tudjuk. Keretezéskor a hírszöveg biteit összefűzzük az átvitelhez szükséges (szinkronizáló, hibajelző stb.) bitekkel (overhead).
- **Multikeret** - (multiframe) - Több (primer) keret összefogása, amelyek együttesen az időosztásos rendszer teljes ismétlődési ciklusát alkotják.
A PCM CAS és CRC-4 multikeret 16 keretből áll.
- **Primer keret** - (primary frame) - Egy multiplex rendszerben azon bitek összessége, amelyek valamennyi csatorna egyszeri mintavételezéséből származó bitekből, valamint a jelzési és szinkronizálási bitekből állnak.
Beszédjelek átvitelénél a keret időtartama 125 μ s, ami a 8 kHz-es mintavételezésnek felel meg. A PCM keretben 256 bit helyezkedik el.

9. Ismertesse a primer PCM keret felépítését. Mennyi a keretidő? Milyen PCM kerettípusokat ismer?

- keretidő: 125 μ s
- Az európai (CEPT) PCM időkeretből **kettő (korábban négy) típus** létezik, attól függően, hogy a keretben milyen multikeretek kerültek kialakításra. A multikeret lehet:
 - Az információátviteli csatornához rendelt a jelzések átvitelére használt csatornákat összefogó multikeret, az ún. **CAS multikeret** (Channel Associated Signalling). A CAS multikeretet elsősorban a PSTN hálózatok elektromechanikus (crossbar) központjai közti digitalizált vonaljelzések (lefoglalás, bontás ...) továbbítására használták. Az ISDN hálózatok ezeket a jelzőcsatornákat már nem használják, így ez a **multikeret a múzeumba került, nem tananyag**
 - Az átviteli úton bekövetkezett meghibásodásokat jelző CRC bitek továbbítására használt ún. CRC-4 multikeret, mely a 0. időrés 1. bitpozíciójában került kialakításra.



Kerettípusok	Leírás:
PCM30 múzeumba n	<ul style="list-style-type: none"> CAS multikeret: van CRC multikeret: nincs Csatornához rendelt /CAS/ jelzésátvitel
PCM30_CRC múzeumba n	<ul style="list-style-type: none"> CAS multikeret: van CRC multikeret: van Csatornához rendelt /CAS/ jelzésátvitel
PCM31	<ul style="list-style-type: none"> CAS multikeret: nincs CRC multikeret: nincs Nincs CAS jelzésátvitel
PCM31_CRC	<ul style="list-style-type: none"> CAS multikeret: nincs CRC multikeret: van Nincs CAS jelzésátvitel Ez a kerettípus az ISDN primer sebességű interfész fizikai rétegű kerete



10. Hogyan továbbítunk a PCM keretben 64 kbit/s-nél nagyobb, illetve 64 kbit/s-nél kisebb sebességű információt?

Egy információs időrés csatornkapacitása 64 kbit/s. Ha ennél nagyobb kapacitásra van szükségünk, több időrés összefogásával megtehetjük. Ha kisebb sebességű információt akarunk továbbítani akkor az időrest 2 részre oszthatjuk. Erre jó példa a CAS multikeret jelzőcsatornáinak kialakítása, melyek 4 bitből állnak és 2 kbit/s kapacitásúak.



11. Sorolja fel a felügyeleti jelzés hierarchiában az első három PCM felügyeleti jelzést!

- **LOS** (Loss Of Signal) - A PCM interfész bemenetén nincs jel
- **AIS** - (Alarm Indication Signal) Csupa-egyed jelsorozat (min. 512 bit) vétele. Ezt az adó interfész adja ki amennyiben meghibásodott.
- **LOF** (Loss Of Frame alignment) Nincs keretszinkron. Ez a bit jelzi, hogy a PCM interfész elvesztette a keretszinkron jelet.

12. Milyen jelek előállítását végzi egy digitális mérőjel generátor?

A digitális mérőjel generátor bináris mérőjel sorozatot állít elő, és ad ki a mérőkészülék digitális (PCM, 64k, STM-1 stb) mérő_interfészére. Amennyiben az interfészen a jel keretezett, a mérőjel generátor a mérőjel sorozatot beiktat(hat)ja a keret egy kiválasztható időréseibe vagy időréséibe.

Egy digitális mérőjel generátor a következő mérőjelek előállítását végzi:

- bináris álvéletlen jelsorozat /PRBS Pseudo Random Binary Sequence/
- programozható kódszó, vagy kódszósorozat (mintasorozat, pattern)

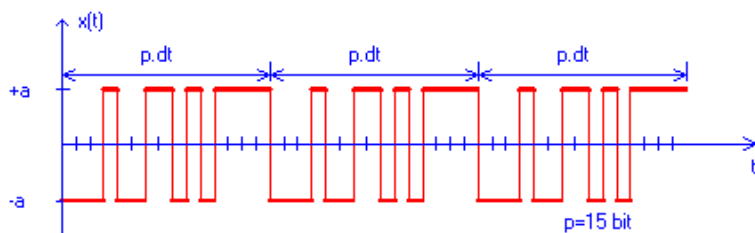
13. Milyen szolgáltatásokkal rendelkezik egy digitális mérőjel generátor a mérőjelek előállításán túlmenően?

Egy digitális mérőjel generátor a mérőjelek előállításán túlmenően általában a következő szolgáltatásokkal rendelkezik:

- programozható a mérőjel aktív logikai szintje (logikai 0,1 H,L összerendelés)
- a mérőjelbe hibákat lehet beiktatni
 - egyszeri (bit) hibabeiktatás (folytonosság ellenőrzés)
 - többszörös hibabeiktatás programozható hibaválósínűséggel ($1E-2$ $1E-8$ valószínűség egyenletes eloszlással)
 - hibacsomók beiktatásának lehetősége
- A digitális jelgenerátorok egy része rendelkezhet órajelel modulációs lehetőséggel, az órajelel fázisban modulálva jitteres mérőjelel állíthatunk elő

14. Melyek az álvéletlen bináris jelsorozat (PRBS) jellemzői? Mi az hogy maximális hosszúságú PRBS? Mit jelenthet egy interfész teszter menüjében, hogy Pattern: 2e9-1?

A PRBS a leggyakrabban használt mérőjel digitális átviteli hálózatok vizsgálatára. Népszerűségét köszönheti annak, hogy statisztikai tulajdonságai jól közelítik a valódi hírsorozat statisztikai tulajdonságait. Ennek látszólag ellentmond az, hogy a PRBS periodikus jel, mely egyszerű eszközökkel állítható elő, valamint reprodukálható. Véletlenszerűsége - a vizsgált objektum szempontjából - abban rejlik, hogy periódusideje a vizsgált objektum emlékezőképességéhez képest nagy. A PRBS-t leggyakrabban bithibaarány és szemábra vizsgálatokhoz használják.



A PRBS időfüggvénye

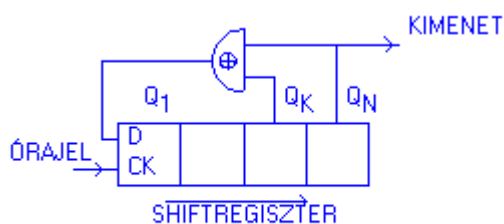
A PRBS jellemzői:

- kétszintű (+a, -a)
 - a két szint közötti váltás csak meghatározott időpillanatokban az **órajel** (f_c) ütemében lehetséges
 - a sorozat véges számú (p) váltási időpont után ismétlődik **sorozathossz**, így periódusideje $T=p*dt$, ahol $dt=1/2f_c$
 - p páratlan szám
 - a sorozat +a és -a szintű biteinek száma eggyel különbözik
 - a mintasorozat kötött
- A $p=2eN - 1$ bit hosszúságú sorozat az un. **maximális hosszúságú PRBS**. Bizonyítható, hogy a shiftregiszter tartalma csak $2eN - 1$ lépés után ismétlődik, ha a visszacsatolásnál az alábbi szabályt alkalmazzuk: (pl. egy $N=9$ fokozatú shiftregiszternél a sorozathossz $2e9-1$)

N 2 3 4 5 6 7 9 10 11 15 17 18 20 21 22 23 25 28 31 33
 K 1 1 1 2 1 3 4 3 2 1 3 7 3 2 1 5 3 3 3 13

15. Hogyan állítunk elő PRBS jelet?

A PRBS jelet visszacsatolt shiftregiszterrel állíthatjuk elő:



A PRBS előállítás

Az N fokozatú shiftregiszter K -adik és N -edik fokozatának Q_K és Q_N kimenete a modulo 2 összeadó bemenetére csatlakozik. Az órajel hatására a regiszterben tárolt bitek egy hellyel jobbra lépnek, és az első helyre a mod 2 összeadás eredménye lép. A sorozat $2eN - 1$ impulzus után ismétlődik és az "1" értékek száma eggyel több a "0" értékek számánál a sorozaton belül (mert a csupa "0" állapot nincs megengedve a shiftregiszterben).

16. Milyen üzemmódjai és szolgáltatásai vannak egy digitális mérővevőnek?

A digitális mérővevő a digitális a mérőkészülék digitális mérő interfészén vett bináris jelsorozatot rögzíti, dolgozza fel.



A digitális mérővevő üzemmódjai:

MONITOR	esemény/üzenet rögzítő üzemmód
EVENT_COUNTER	esemény számláló üzemmód
BIT_ERROR_COUNTER	bithiba számláló üzemmód

- **MONITOR**

üzemmódban a digitális mérővevő az interfészen áthaladó kódszavakat, üzeneteket rögzíti, és jeleníti meg a mérőkészülék megjelenítő egységén.

A monitorozásnak két alapvető módja van:

- **Mintavételes monitorozás**

Ebben az esetben a mérőkészülék a keret elemeiből, a keretszinkron, szervíz időrésekből és az interfész felügyeleti jelzéseiből mintákat vesz, ezeket megjeleníti, ezáltal figyel (monitorozza) a keretet, esetleg hibaarány mérést is végez a keretszinkron kódszó segítségével. Az eredményből megállapítható, hogy a vizsgált kódszavak változnak-e vagy sem.

(példa: HP37732A timeslot monitor, EP2 frame monitor)

- **Valós idejű monitorozás**

Ebben az üzemmódban a digitális mérővevő a vett jelsorozat összes kódszavát rögzíti. (példa: DT-10 monitor, prptokolltesztetek)

- **EVENT COUNTER**

üzemmódban a digitális mérővevő a vett jelsorozat kódszavai változásainak számát rögzíti, egy mérési időtartamra. A mérés független változó paramétere ebben az esetben tehát az idő.

- **BIT ERROR COUNTER**

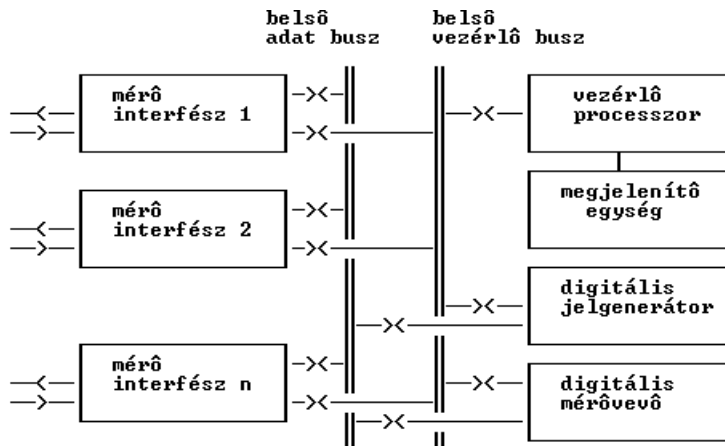
üzemmódban a digitális mérővevő a vett jelsorozat kódszavait egy PRBS sorozat elemeinek tekinti, összehasonlítja egy helyben előállított - és az adott sorozattal azonos struktúrájú - PRBS jelsorozattal, és az eltéréseket számolja ("[bithiba szám](#)"), egy mérési időtartamra. A mérés kezdetén egy szinkronizáló áramkör a vevő generátort azonos fázishelyzetbe hozza az adóval, ezután kezdődik az összehasonlítás.

Egy digitális mérőjel vevő a mérőjelek vételén túlmenően a következő szolgáltatásokkal rendelkezik:

- Mérés közben folyamatosan monitorozza az interfésze riasztójelzéseit. Példa erre a K4305 és az EP2 által megjelenített riasztó jelzések PCM interfészen:
- Programozható feltételekkel rendelkezik a mérés kezdetére és leállítására (időtartamára) vonatkozóan
- A mérővevő órajelének forrása származhat:
 - - belső időzítő jel forrásból
 - - külső időzítő jel forrásból
 - - az interfészen áthaladó jelből
- Némely mérővevő képes a vett digitális jelben a fázisjitter mértékét is meghatározni.
- szint és frekvenciamérés
- fejhallgató csatlakoztatás behallgatáshoz



17. Rajzolja fel egy interfész teszter általános blokkvázlatát!



Az interfész teszterben egy belső adat és vezérlőbuszra vannak felfűzve a mérőkészülék funkcionális egységei:

- **Mérő interfészek** (PCM, 64k, RS-232, V-11 stb) a vizsgálni kívánt interfészhez való csatlakozáshoz. A mérő interfész funkcionálisan azonos a hírközlő hierarchia elemeit összekapcsoló interfészekkel, de általában azoknál jobb villamos paraméterekkel rendelkezik. Fő funkciói:
 - Keretezés / keret dekódolás
 - Vonali kódolás / dekódolás
- Digitális jelgenerátor és digitális mérővevő vizsgálójel előállításához és a vizsgált jelek feldolgozásához.
Ezeket a funkciókat sok esetben egy DSP-n futó program valósítja meg.
- **Vezérlő processzor** (számítógép) beépített billentyűzettel és kijelzővel.
- **Kommunikációs interfész** a külvilággal való kapcsolattartáshoz (távvezérlés, mérési eredmények kiolvasása).

A mérőjelek forgalma a mérő interfészek és a jelgenerátor és a mérővevő között egy belső időosztásos adatbuszon (pl. ST-busz) keresztül bonyolódik le. Az adatbusz forgalmát a vezérlő processzor vezérli a mérési feladattal összhangban. A busz biztosítja, hogy keretezett jelek esetén mérőjelet egy vagy több keretbe tudjunk beiktatni, illetve onnan kinyerni (drop-insert üzemmód). A mérő interfészek, jelgenerátor, mérővevő vezérlését a vezérlő processzor a belső vezérlő buszon (mikroprocesszor busz) keresztül végzi.

18. Mi a bithiba, a kódhiba és a kerethiba definíciója?

- Digitális jelátvitel esetén az adott és vett jelsorozat elemei eltérhetnek egymástól. Ha az adott és vett jelsorozat egy elemi jele, (bitje) eltérő értékű, **bithibáról** beszélünk. A bithibák oka rendkívül sokféle lehet. Gondoljunk arra, hogy a vonalszakaszon a jelek átvitele végül is analóg módon történik, a vonal lineáris torzításai szimbólumközi áthallást eredményezhetnek, a vonalon zavaró jelek adódhatnak a továbbított jelhez, melyek azt eredményezik hogy a vevő hibásan dönt az elemi jel értékéről.



- Definíció szerint a **bithibaarány** : (BER Bit Error Ratio)

$$\text{BER} = \frac{\text{hibás elemi jelek száma}}{\text{az összes vett elemi jel száma}}$$

A bithibaarány definíció szerinti mérésekor a mérőkészülék adórésze folyamatosan ismert vizsgáló jelsorozatot (PRBS) küld az összeköttetésre. A vétel helyén a vett jelsorozatot összehasonlítjuk a helyben előállított vizsgáló jelsorozattal. Az eltérő elemi jeleket, és a vett összes elemi jelet megszámloljuk (BIT ERROR COUNTER)

- **Kódhiba** - itt a vett jelben a vonali kódolási szabálysértéseket (pl. bipoláris szabálysértés) számloljuk, melyek forrásai a bithibák a vonalon.
- **Kerethiba** - itt a vett keretben a keretszinkron kódszóban fellépő hibákat számloljuk. Ez a vizsgálat felfogható egy mintavételes bithibaarány mérésnek, mely időben egyenletes eloszlású bithibák esetén ugyanolyan jó eredményt ad mint a folytonos bithibaarány mérés. A mintavételes bithibaarány mérés ideje azonban jóval hosszabb mint a folytonos adott konfidenciaszintű eredményhez.
- **CRC-hiba** - itt a vett CRC-hibás kereteket számloljuk.

19. Hogyan szinkronizál össze két PRBS generátort?

A szinkronizálás menete a következő:

1. A szinkronizálás kezdetén a vevő shiftregiszter visszacsatolását felnyitjuk, majd a vett jellel feltöltjük a shiftregisztert.
2. Zárjuk a vevő shiftregisztert, és elkezdjük összehasonlítani a vett jelet, a helyben előállított jellel.
3. Ha 2-3 shiftregiszterhossznyi bit összehasonlítása után nincs hiba, a vevőt szinkronizálnak tekintjük az adóhoz. Ha van bithiba, újraszinkronizálunk.
4. A vevő elveszti a szinkront, amennyiben a bithibaarány $> 10e-2$ lesz.

20. Ismertesse a G.821-es kiértékelési eljárást!

A bithibaarány mérés eredménye önmagában nem sokat mond a vizsgált összeköttetés minőségéről, a különböző vonalszakaszokon végzett mérések eredménye nehezen hasonlítható össze. Ezen segít az ITU-T G.821-es ajánlása, mely bemutat - egy bithibaarány mérésen alapuló - értékelő eljárást digitális összeköttetések minősítésére. Az értékelő eljárás 64 Kbit/sec átviteli sebességre vonatkozik, de tartalmaz nagyobb átviteli sebességekhez eredménykonverziót.



Az eljárás fő lépései:

- Az eljárás használatakor a mérési időt sok kis elemi (T_0) időintervallumra bontjuk fel. A T_0 értékére az ajánlás egy másodpercet ír elő.
- A mérés során időintervallumonként megszámloljuk a bithibákat.
- Az eljárás következő lépéseként osztályozzuk és számláljuk az időintervallumokat a következő módon:
 - **Error free seconds [EFS] (hibamentes másodpercek)** : azon másodpercek száma, melyben nem volt bithiba.
 - **Errored seconds [ES] (hibás másodpercek)**: azon másodpercek száma, melyben kevés bithiba volt. legalább egy bittévesztést tartalmaznak. Erre nézve a G.821 e- lőírja, hogy kevesebb, mint 8 %-át alkothatják az összes másod- perceknek, amelyeken belül az összeköttetés megfelelő volt. Egy a hibamentes másodperceknek legalább 92 %-nak kell lennie.
 - **Severely errored seconds [SES] (súlyosan hibás másodpercek)**: azon másodpercek száma, melyben sok bithiba volt. A sok bithiba azt jelenti hogy az időintervallumban a BER rosszabb mint $1E-3$. Ez az esetek kevesebb, mint 0.2 %-ában fordulhat csak elő.
 - **Degraded minutes [DM] (Csökkent értékű percek)**: azon percek száma amelyeken belül a bithibaarány rosszabb, mint $1E-6$. Ezen percek számából azonban kevesebb kell legyen, mint 10 % . Az itt említett eredmények képzését a következő eljárásdiagram mu- tatja. Ezen mérési eredmények birtokában besorolhatók a beren- dezések és áramkörök **Local grade** , **Medium grade** és **High grade** minőségi csoportokba.

A számlálást fel kell függeszteni abban az esetben, ha a BER tartósan nagyon rossz. Ekkor azt mondjuk: a vizsgált összeköttetés nem áll rendelkezésre (használatatlan). A használhatatlan periódus 10 egymást követő súlyosan hibás másodperc után kezdődik, és 10 egymást követő nem súlyosan hibás másodperc után ér véget.

- Az előző pontban képzett mérőszámokat normáljuk a rendelkezésre állási időre, majd a normált értékeket összehasonlítjuk küszöbszintekkel, és ennek alapján minősítjük az összeköttetést megfelelőnek/nem megfelelőnek. A minősítési küszöbszintek az ajánlás alapján egy 2500 km-es ún. hipotetikus referenciaáramkörre (HRX) a következők:
 - **ES: 8%**
 - **SES: 0.2%**
 - **DM: 10%**

Példa a WANDEL UND GOLTERMANN cég 1992-es évi műszerkatalógusából, hogyan néz ki egy ilyen kiértékelés eredménye.

TEST 1.	DATE:	RESULTS	
ERROR FREE SECS.		155	97.48427 %
ERRORED SECS.	PASS	4	2.51572 %
SEV.ERRORED SECS.	PASS	0	0.00000 %
DEGRADED MINS.	FAIL	1	50.00000 %
AVAILABLE TIME		159	100.00000 %
UNAVAILABLE TIME		0	0.00000 %