(19) DANMARK

(12) FREMLÆGGELSESSKRIFT (11) 147535 B

DIREKTORATET FOR
PATENT- OG VAREMÆRKEVÆSENET

(21) Patentansøgning nr.: 2436/79

(22) Indleveringsdag: 12 jun 1979

(41) Alm. tilgængelig: 13 dec 1980

(44) Fremlagt: 17 sep 1984

(86) International ansøgning nr.: –

(30) Prioritet: –

(51) Int.Cl.³: H 04 L 1/08
H 04 L 7/04

(71) Ansøger: *STORNO A/S; 2300 København S, DK.

(72) Opfinder: Ove *Rohmann; DK.

(74) Fuldmægtig: Wibert & Stocklund ApS

(54) Digitalt transmissionsudstyr med kodnings– og dekodningsudstyr

(57) Sammendrag:

2436-79

I udstyr til transmission af digitale data via transmissionsstrækninger med bitfejl, der især forekommer i bursts, og som er i stand til at detektere og rette bitfejl og dog opretholde telegramsynkroniseringen, opnås en god telegramakceptans ved at udstyret er forsynet med midler, hvorved hvert ord gentages mindst een gang, midler, som afstedkommer en eksklusiv-eller sammensætning af hvert ord og ordgentagelse med hver sin del af et forud aftalt bitmønster med høj autokorrelationskoefficient, midler, som ved dekodningen eksklusiv-eller sammensætter hvert ord eller ordgentagelse med hver sin del af samme bitmønster, midler, der foretager en sammenligning af hvert ord med hver gentagelse af samme ord, indtil sammenligningen udviser identitet, og midler, hvorved en sådan identitet godtages som et korrekt modtaget telegram og tillige midler, hvorved funden identitet tillige udnyttes som synkroniseringsinformation.

DK 147535 B

Opfindelsen angår udstyr til transmission af telegrammer (informationsstrenge) af digitale data via transmissionsstrækninger med bitfejl, der navnlig optræder i byger, såsom datatransmission via mobil radio, hvilket udstyr på sendersiden omfatter kodningsudstyr til dannelse af telegrammer (informationsstrenge) bestående af to eller flere gange gentagne ord, der hver består af et bestemt antal (f.eks. 8) bit, samt til forsyning af telegrammet (informationsstrengen) med synkroniseringsinformation, og som på modtagersiden omfatter dekodningsudstyr til detektering af det afsendte telegram (informationsstreng).

I forbindelse med datatransmission forekommer der ofte bitfejl, der enten kan optræde tilfældigt fordelt tidsmæssigt eller gruppere sig mere eller mindre tæt. I sidstnævnte tilfælde taler man om, at bitfejlene optræder i byger (eng. bursts), hvilket er et udtalt fænomen ved datatransmission med mobilt radioudstyr, hvor bitfejlene først og fremmest afstedkommes af fading, og i mindre grad af støj fremkaldt i elektriske maskiner, bilers tændingsstøj, etc.

Bitfejl i almindelighed kan detekteres og korrigeres ved en hensigtsmæssig indretning af telekommunikationsudstyret. En meget almindelig metode til detektering af bitfejl er at generere kontrolbit, som frembringes og detekteres efter en bestemt algoritme, der kan fastlægges i afhængighed af støjens karakter, dvs. bl.a. i afhængighed af, om bitfejlene optræder tilfældigt spredt eller forekommer i byger, jvnf. artiklen "Using polynomial codes" i Electronic Engineering, juli 1976, pp. 46-49.

Det er også kendt fra ovennævnte artikel at benytte sig af bitgentagelse som led i fejlkorrigeringsproceduren. Dekodningen kan f.eks. ske ved at sammenligne ordene og deres gentagelser bit for bit, således at den hyppigst optrædende bit anses for at være den korrekte. Ordlængden kan være forskellig, men i almindelighed transmitteres de digitale data i grupper på 4, 8 eller 16 ja helt op til 32 bit, hvor hver gruppe repræsenterer en karakter, dvs. et tal eller et bogstav,

eller en anden veldefineret information.
Andre gruppeinddelinger kan naturligvis også tænkes.

For at kunne modtage en sekvens af digitale data, altså ovennævnte telegram eller informationsstreng, korrekt, er det nødvendigt at vide, hvornår sekvensen begynder og hvornår den slutter. Ved asynkron datatransmission detekteres gruppeinddelingen ved hjælp af en startbit og en stopbit, medens der ved synkron datatransmission, hvor transmissionshastigheden er stor, benyttes gruppeinddelinger, der følger bestemte protokoller eller formater, som indeholder fejldetekteringsprocedurer.
Gruppeinddelingen består i, at telegrammet eller informationsstrengen indledes med et antal synkroniseringsbit, som danner et på forhånd aftalt synkroniseringsmønster, hvorefter følger de egentlige informationsbærende databit afsluttende med redundante bit. I modtageren ledes efter synkroniseringsbitmønsteret, der kan akcepteres også selv om det er ramt af et mindre antal bitfejl.
Det er imidlertid klart, at telegrammets synkroniseringsdel på transmissionsstrækninger, hvor bitfejlene oftest optræder i byger, også vil blive ramt af byger af bitfejl. Ønsket om en acceptabel telegramakceptans, hvorved forstås forholdet mellem antallet af korrekt modtagne telegrammer og antallet af afsendte telegrammer, dikterer imidlertid et kompromis mellem en kort synkroniseringsdel, hvor resultatet er en hyppig optræden af falske synkroniseringer, og en lang synkroniseringsdel, hvor sandsynligheden for at blive ramt af bygefejl er stor. Denne afvejning med henblik på at maksimere telegramacceptansen medfører i reglen en synkroniseringsdel, som udgør en forholdsvis stor del af telegramlængden.

Transmissionsudstyr af indledningsvist nævnte art er ifølge opfindelsen ejendommeligt ved midler, som på sendersiden under kodningen bevirker, at hvert ord i telegrammet (informationsstrengen) udsættes for en Exclusive OR operation med hvert sit ord af et på forhånd aftalt bitmønster af højst samme længde som telegrammet (informationsstrengen), og som udgør en pseudotilfældig binær sekvens med høj autokorrelationskoefficient, og som på modtagersiden bevirker, at hvert ord

i det modtagne telegram (informationsstreng) under dekodningen løbende udsættes for en Exclusive OR operation med hvert sit ord af ovennævnte på forhånd aftalte og et synkroniseringsvindue udgørende bitmønster til genvinding af det oprindelige telegram (informationsstreng), og at de enkelte ordgentagelser i det genvundne telegram sammenlignes indbyrdes således, at informationsstrengen akcepteres som korrekt modtaget, dersom identitet konstateres mellem mindst to gentagelser af hvert ord i det modtagne og genvundne telegram.

Det er velkendt, at en Exclusive OR operation udført to gange med samme bitmønster på en binær sekvens efterlader denne sekvens uændret.
Ved at udføre denne operation første gang på sendersiden og anden gang på modtagersiden opnås en implicit telegramsynkronisering, hvor hele det synkroniseringsmønster, som hidtil har været foranstillet den databærende del af telegrammet, er overflødiggjort med en øget datasignaleringshastighed til følge. Forudsætningen er, at det bitmønster, hvormed der foretages en Exclusive OR operation, er det samme på sender- som på modtagersiden. Dvs. det optræder som en fast bestanddel af senderudstyret såvel som af modtagerudstyret.
Synkroniseringsfunktionen kommer i stand derved, at de enkelte ord eller bytes i telegrammet løbende udsættes for en Exclusive OR operation under modtagelsen, hvor telegrammet styret af en bestemt taktgiver forskydes gennem et sæt skifteregistre i modtageren. Efter hvert skift evalueres resultatet af Exclusive OR operationen i komparatorkredsløb, hvor de enkelte byte-grupper sammenlignes parvis. Så længe det modtagne telegram så at sige ikke er på plads, vil Exclusive OR operationen ikke gendanne de oprindelige ord eller bytes, hvorfor sammenligningen mellem de enkelte ord ikke vil udvise identitet noget sted. Først i det øjeblik, det ankommende telegram, som jo i sig selv medfører et latent billede af det aftalte bitmønster, under forskydningen i skifteregistrene lagres i positioner, hvor Exclusive OR operationen genskaber det oprindelige telegram, kan der ved den parvise sammenligning bytegrupperne imellem markeres identitet mellem ordgentagelserne, og den overførte meddelelse kan læses. Det aftalte bitmønster udgør således et synkroniseringsvindue.

At det aftalte bitmønster har en høj autokorrelationskoefficient betyder, at korrelationsforskellen mellem bitmønsteret selv og dets permutationer er stor. I den engelsksprogede litteratur benævnes autokorrelationskoefficienten "index of discriminarion" (ID). Jvf. iøvrigt R.C. Dixon "Spread Spectrum Systems", New York 1976, pp. 64-72.

Fra beskrivelsen til USA patent nr. 3.466.601 kendes ganske vist en teknik til automatisk retablering af synkronismen ved transmission af fejlkorrigerende cykliske koder, hvor hvert ord, der skal transmitteres, udsættes for en Exclusive OR operation på sender- såvel som på modtagersiden. Exclusive OR operationen tjener her et andet formål end ifølge opfindelsen, idet den i det kendte system på modtagersiden tjener til detektering af, om der er et slip i synkronismen, hvor stort dette slip er, og om man er forud eller bagud i forhold til tidsreferencen. Det er altså en forudsætning, at der benyttes synkron transmission, således at der på modtagersiden er visse forventninger med hensyn til telegrammets ankomsttidspunkt. Det er endvidere en forudsætning for brugen af Exclusive OR teknikken, at der benyttes cykliske koder indeholdende informationsbit og kontrolbit (CRC), idet der på grundlag af de cykliske koders specielle egenskaber kombineret med Exclusive OR operationerne kan tilvejebringes information om, hvorvidt konstaterede bitfejl er forårsaget af manglende synkronisme eller af transmissionsstøj, og i tilfælde af manglende synkronisme information om slippets størrelse og retning, således at synkronismen kan blive retableret.
Denne kendte teknik egner sig således kun til synkron datatransmission af cykliske koder. Desuden er den bitsekvens, hvormed der udføres en Exclusive OR operation ikke altid den samme på sender- og modtagersiden og afhænger iøvrigt af, hvilken dekodningsalgoritme, der i den givne situation benyttes, hvilket igen afhænger af, om der benyttes en fuld cyklisk kode eller en afkortet cyklisk kode. Endelig giver den kendte teknik i nogle tilfælde kun mulighed for retablering af synkronismen, dersom denne kun er en enkelt bit forud eller bagud.

I modsætning hertil benyttes udstyret ifølge opfindelsen til asynkron transmission og forudsætter blot, at hvert ord i informationsstrengen

gentages et antal gange, at telegrammet udsættes såvel på sendersiden som på modtagersiden for en Exclusive OR operation med den samme pseudotilfældige binære sekvens, og at denne sekvens har høj autokorrelationskoefficient. Herved kombineres på en ny og enkel måde en implicit telegramsynkronisering med en flertalsafstemning på byte-niveau, hvor synkronismen først etableres i det øjeblik, der konstateres identitet mellem parvist sammenlignede ord (bytes).

Opfindelsen forklares nærmere nedenfor under henvisning til tegningen, hvor

fig. 1 viser et blokdiagram for en udførelsesform for en radiostation til et transmissionsudstyr ifølge opfindelsen, og

fig. 2a - 2f et antal telegrammer sendt med transmissionsudstyret ifølge opfindelsen.

Den i fig. 1 viste radiostation omfatter en antenne 1, som over en antenneledning 2 er forbundet til en antenneomskifter 3, som har et elektronisk styret relæ 4, som kan forbinde antennen 1 enten til en sender 5 eller til en modtager 6. Et ligeledes elektronisk styret relæ 7 har omskifterkontakter 8, som kan forbinde senderen enten til en modulator 9 eller til en mikrofonforstærker 10 med en mikrofon 11, og omskifterkontakter 12, som kan forbinde modtageren 6 enten til en demodulator 13 eller til en forstærker med et lydgengivelsesapparat 15.

Relæerne 4, 7 og 12, senderen 5, modtageren 6, modulatoren 9 og demodulatoren 13 er over ledninger forbundet til input- outputenheden 16 i en mikrodatamat, baseret på en mikroprocessor 17, der på i og for sig kendt måde er forbundet med en timer 18, med ROM'er og/eller PROM'er 19, med en RAM 20 og med en taktgiver 21. Denne mikrodatamat kan yderligere over ikke nærmere viste ledninger 22 være forbundet med forskelligt betjeningsudstyr, såsom lamper, klokker, displays, trykknapper, omskiftere, tastaturer, skrivere eller lignende.

Den foran beskrevne sender/modtager vil forstås at være indrettet til kommunikation af såvel binære telegrammer, som af analoge signaler, f.eks i form af tale, og er en udførelsesform med skift mellem digital

og analog transmission.

ROM'en 19 har indlæst information om, hvorledes de telegrammer skal formuleres, som via modulator 9 og sender 5 skal sendes til en fremmed modtager, og om hvorledes telegrammer, der modtages fra en fremmed sender, skal dekodes.

Telegrammernes informative indhold er vilkårligt, men kan være information til selektivt opkald af en ønsket anden abonnent, eller information, f.eks. om en tilstand, som registreres lokalt, og som indgår analogt eller digitalt over en af ledningerne 22.

En udførelsesform for en telegramkode med en telegramlængde på 96 bits udført med et transmissionsudstyr ifølge opfindelsen er vist på fig. 2a. Her betegner B1, B2, B3 og B4 henholdsvis databyte nr. 1, 2, 3 og 4 og det bemærkes, at 1 byte er lig med 8 bits. Her betegner databyte et "ord", og det ses, at det første ord sendes efterfulgt af to gentagelser, hvorefter det samme mønster gentages for de tre næste ord i telegrammet. Dekodningen sker ved, at der foretages en sammenligning af hvert ord i telegrammet med hver gentagelse af samme ord, indtil sammenligningen udviser identitet. Det ses, at en byte i hver af fire grupper af tre bytes kan være fejlbehæftet uden at detekteringen generes, og heraf fremgår fejlkorrigeringen. Hvis mere end een af tre bytes i en gruppe er fejlbehæftet, vil ingen af sammenligningerne udvise identitet, og dermed må telegrammet afvises og heraf fremgår fejldetekteringen. Byte flertalsafstemming giver dermed også fejldetektering, i modsætning til bit flertalsafstemming, der kun er en fejlkorrektion, idet der skal være mindst 2 ud af 3 bytes identiske, mens mindst 2 ud af 3 bits skal være identiske ved bit flertalsafstemming, og dette vil naturligvis altid være opfyldt.

Specielt giver byte flertalsafstemning en fordel, når indgangssignalet til dekoderen er tilfældigt (støj). Her vil en bit flertalsafstemming altid give en fejlagtig meddelelse, mens de enkelte bit i mindst to bytes skal stemme overens ved byte flertalsafstemning. Der kan dog ske det, at to bytes i en gruppe begge rammes af fejl i to ens placerede

bits. Herved er der mulighed for en falsk detektering. Denne mulighed består i en hvilken som helst kodning. Hvis man vil sikre sig mere, end det her er implicit givet, kan telegrammet udvides med yderligere en byte, der fungerer som cyklisk redundans kontrol (CRC). Denne byte skal da gentages ligesom de fire databytes og dekodes på samme måde.

I det ovenfor beskrevne er telegramsynkroniseringen af tydelighedshensyn ikke medtaget. Det faktisk udsendte bitmønster er derfor ikke det i fig 2a viste, men det i fig. 2b viste. Det skal her indskydes, at det i en cirkel indføjede plus-tegn symboliserer en Exclusive OR operation. Der kendes flere måder for udførelse af denne operation. Bytene C1 - C12 repræsenterer 12 bytes, der er aftalt som synkroniseringstegn og er valgt fra et bitmønster med høj autokorrelationskoefficient, det vil sige, at bitmønstret udgør en pseudo tilfældig binær sekvens med lige mange 0-bits og 1-bits, f.eks. genereret i et skifteregister med en eller flere tilbagekoblinger.

I dekoderen underkastes de 12 modtagne bytes en Exclusive OR operation med det valgte synkroniseringsbitmønster, hvorved de oprindelige ord fremkommer, da et ord, som to gange underkastes en Exclusive OR operation med det samme ord, genopstår uforandret. Herved opnås, at hvis dekoderen i sit lager ikke har det rette "vindue" af bits, vil der være meget lille sandsynlighed for, at nogen af sammenligningerne viser identitet. Heraf fremgår telegramsynkroniseringen. De 12 bytes C1-C12 indrammer på denne måde meddelelsen, der skal dekodes, d.v.s. dekoderen kender begyndelse og slutning. Telegramsynkronisering ifølge opfindelsen bevirker dermed, at det ikke er nødvendigt med et telegramsynkroniseringsmønster foran meddelelserne således som nævnt i indledningen.

Ved at vælge forskellige bitmønstre C1-C12, der hver især har en høj autokorrelationskoefficient men indbyrdes er orthogonale, kan telegramkoden ifølge opfindelsen umiddelbart benyttes til selektive opkald. Der kan dermed foretages opkald til forskellige enheder ved blot at ændre synkroniseringsmønsteret, d.v.s. uden at benytte bit fra selve meddelelsen.

Det vides, at bitfejlene ved datatransmission via mobil radio ofte vil optræde med et antal bitfejl på stribe. Det kan derfor være fordelagtigt i stedet for bitmønstret i fig. 2a at vælge det i fig. 2c viste bitmønster, som modstår op til 16 bitfejl på stribe forekommende op til to gange. To bitfejlgrupper, hver på 9 bitfejl med 39 bits afstand vil med sikkerhed blive rettet.

En anden mulighed vil være at vælge den i fig. 2d viste sekvens, som er i stand til at modstå op til 32 bitfejl på stribe forekommende een gang. Bitfejlgrupper med 25 bitfejl rettes med sikkerhed.

Om man vil vælge formaterne vist i fig. 2a, 2c eller 2d afhænger af en afvejning af ønskerne til fejlkorrigeringsegenskaberne. Ulempen ved en forøget modstandsevne overfor bitfejl på stribe er en ringere modstandsevne overfor jævnt fordelte bitfejl.

Endnu større telegramakceptans kan opnås, hvis man forøger telegramlængden til f.eks. 128 bits. Man kan da sende hvert ord fire gange, som det fremgår af fig. 2e. Denne sammenstilling modstår op til 16 bitfejl på stribe op til 4 gange forekommende og 4 bitfejlgrupper, hver på op til 9 bitfejl med mindst 23 bits afstand rettes med sikkerhed. Som det fremgår af fig. 2f kan ordene ombyttes, så det, der gentages, er et ord-par, og sammenligningen kan da ske mellem de enkelte ord eller mellem ord-par. Et telegram som det i fig. 2f viste modstår op til 32 bitfejl på stribe for hver halvdel af telegrammet og grupper på 25 bitfejl på stribe med 39 bits afstand rettes med sikkerhed.

Ved at tilpasse den under dekodningen stedfindende række af sammenligninger til transmissionskanalens statistiske bitfejlfordeling vil det være muligt at forbedre telegramakceptansen for den pågældende transmissionsstrækning. Selv om dekodningen foregår med en mikrodatamat, vil det forstås, at sammenligningsproceduren kan ske i kredsløb opbygget af standard integrerede komponenter af f.eks. TTL- eller CMOS-typen.

PATENTKRAV.

Udstyr til transmission af telegrammer (informationsstrenge) af digitale data via transmissionsstrækninger med bitfejl, der navnlig optræder i byger, såsom datatransmission via mobil radio, hvilket udstyr på sendersiden omfatter kodningsudstyr til dannelse af telegrammer (informationsstrenge) bestående af to eller flere gange gentagne ord, der hver består af et bestemt antal (f.eks. 8) bit, samt til forsyning af telegrammet (informationsstrengen) med synkroniseringsinformation, og som på modtagersiden omfatter dekodningsudstyr til detektering af det afsendte telegram (informationsstreng), k e n d e t e g n e t ved, at udstyret indeholder midler, som

- på sendersiden under kodningen bevirker, at hvert ord (f.eks. B1) i telegrammet (informationsstrengen) udsættes for en Exclusive OR operation med hvert sit ord (f.eks. C1) af et på forhånd aftalt bitmønster (C1,C2,...Cn) af højst samme længde som telegrammet (informationsstrengen) og som udgør en pseudotilfældig binær sekvens med høj autokorrelationskoefficient, og som
- på modtagersiden bevirker, at hvert ord (f.eks. B1 $\oplus$ C1) i det modtagne telegram (informationsstreng) under dekodningen løbende udsættes for en Exclusive OR operation med hvert sit ord (f.eks. C1) af ovennævnte på forhånd aftalte og et synkroniseringsvindue udgørende bitmønster (C1,C2,...Cn) til genvinding af det oprindelige telegram (informationsstreng), og at de enkelte ordgentagelser (f.eks. B1,B1,B1) i det genvundne telegram sammenlignes indbyrdes således, at informationsstrengen akcepteres som korrekt modtaget, dersom identitet konstateres mellem mindst to gentagelser af hvert ord i det modtagne og genvundne telegram.

Fremdragne publikationer:

DE offentliggørelsesskrift nr. 2542580
US patenter nr. 3466601, 3863215, 3842399, 4132975
Proceedings of the IEEE, november 1972, side 1298, fig. 9.

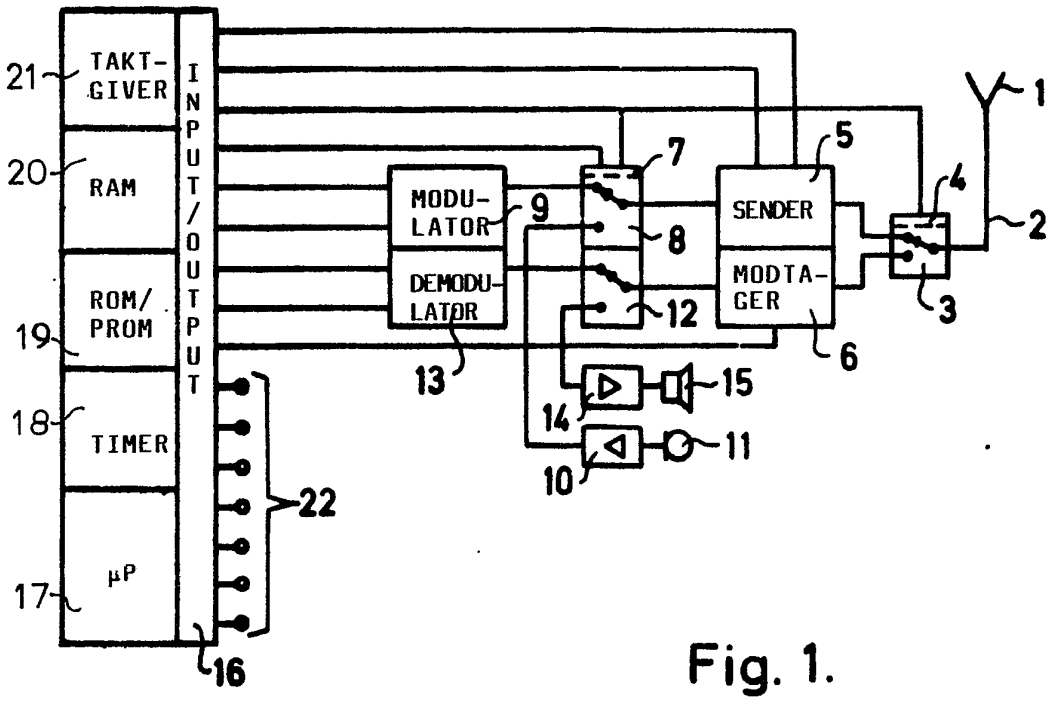

TAKT-
GIVER
RAM
ROM/
PROM
TIMER
µP
INPUT/OUTPUT
MODU-
LATOR
DEMODU-
LATOR
SENDER
MODTA-
GER
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22

Fig. 1.



Fig. 2 a.

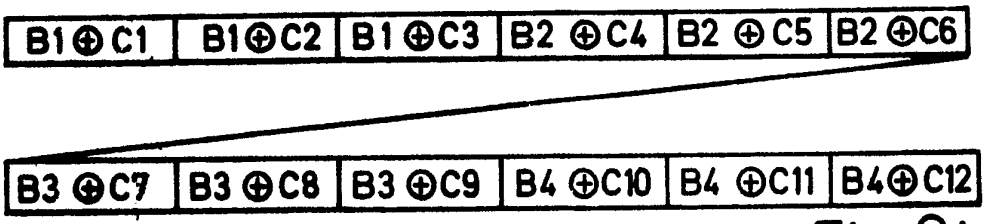


Fig. 2 b.

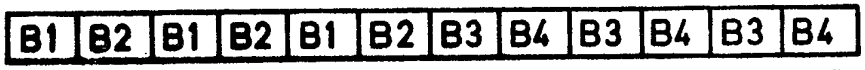


Fig. 2 c.

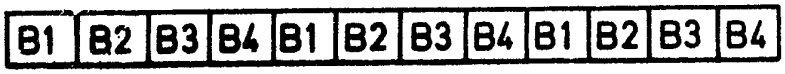


Fig. 2 d.

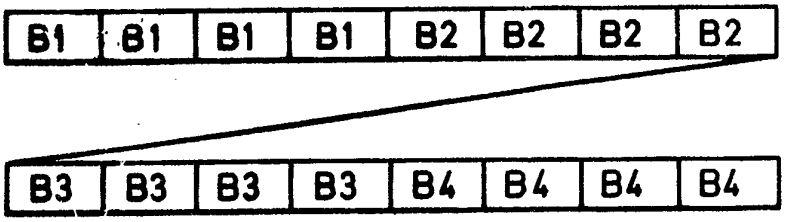


Fig. 2 e.

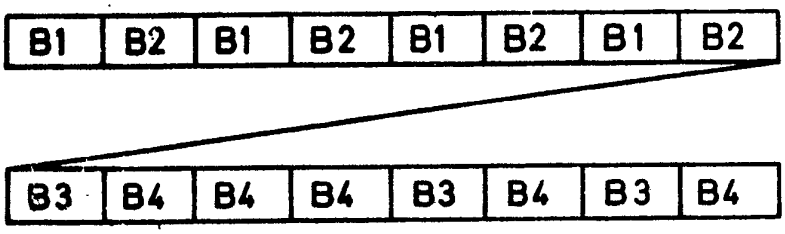


Fig. 2 f.