

Ur vårt Digitala Arkiv

Digital felsökning – instrument och metoder

Författare Göran Brander
Ingenjörslöslaget 1979

ISBN 91-7284-083-8 LIBRIS-ID:7631881

Det inskannade exemplaret ingår i
AEF Arkiv Nr 9185

Faktaruta.

Göran Brander anställdes vid mätinstrumentavdelningen inom FFV Underhåll i Arboga, numera Exova Metec hösten 1974.

Denna verksamhet hade då det centrala ansvaret för underhåll och spårbar kalibrering av mätinstrument inom försvaret.

I samband med införande av datorstyrda autotestare för AJ37 Viggen blev Göran tekniskt ansvarig för underhåll och verifiering av datorer, massminnen mm som ingick i dessa testare.

Detta var vid denna tidpunkt jungfrulig mark. Några enstaka instrument för felsökning och verifiering av digitala kretsar hade året innan annonserats i USA.

Göran kom under de följande åren att ansvara för kunskapsuppbyggnaden inom detta helt nya teknikområde och boken är ett resultat av inledningen av detta arbete.

Digital FELSÖKNING

– instrument och metoder

Göran Brander

Ingenjörsläsa



Digital FELSÖKNING

– instrument och metoder

Göran Brander

ISBN 91-7284-083-8

© 1979: Göran Brander och Ingenjörsläroverket AB, Stockholm

Omslag Mats Tralla

Teckningar Produktinformation AB, Stockholm

Fotografier 43—44, Aktiv Elektronik AB. 9—11, 17, 30, 32, 36b, Arboga-Bild, Hans Hempel. 39, Fotograferna, Solna. 52, Tektronix AB. 40—42, 46, Hewlett Packard AB. 45, Lagercrantz KB. 49, Teleinstrument AB.

Layout Barbro Ogden

Sättning och tryck Schmidts Boktryckeri AB, Helsingborg 1979

Mångfaldigande av denna bok — helt eller delvis —
är enligt lagen om upphovsrätt av den 30 december 1960
förbjudet utan medgivande av upphovsmännen.

Förord

Denna bok söker tillfredsställa det ökade behovet av enkel och lättfattlig information om metoder och instrument som utnyttjas vid digital felsökning. Behovet torde därvid vara störst kring ”manuella metoder” och de instrument som presenteras är i linje med detta. Större komplexa datorstyrda komponent- och kretskortstestare behandlas ej. Ej heller den felsökning som är aktuell vid nyproduktion av apparater och system. Här är tillämpningarna och instrumenten oftast utanför det breda, allmänna intresset.

Det är min förhoppning att denna bok skall bidra till förståelsen av de instrument och deras användning för digital felsökning, vilka idag finns på marknaden.

Förutom ett allmänt tekniskt intresse bör läsaren också ha baskunskaper inom digital- och mättekniken. Förståelsen av innehållet ökar om läsaren även besitter kunskaper inom dator- och datakommunikationstekniken. Här ges dock en mera grundläggande information i ett speciellt kapitel.

Instrumentdelen i kapitel 5 kan läsas separat, och den läsare som känner sig osäker kan rentav ta del av detta kapitel om instrument efter läsning av kapitel 1.

Jag vill slutligen tacka alla dem, som med synpunkter, bildmaterial och på annat sätt bidragit till bokens tillkomst. Ett speciellt tack vill jag rikta till universitetslektor Tord-Jöran Hallberg, LiTH.

Arboga i februari 1979
Göran Brander

Innehåll

Förord 3

1. Felsökningens allmänna filosofi 7

- Ny teknik ger också nya tillämpningar 7**
- Från enkla komponenter till standardiserade kretsserier 7**
- Större komplexitet per volymenhet i framtiden 8**
- Felsökningens huvudproblem 8**
- Felsökning i analoga och digitala utrustningar 9**
- Reparation efter modulbyte 10**
- Servicepersonalens kunskapsbehov 11**

2. Feltyper och metoder 12

- Feltyper i digitala IC-kretsar 12**
- Statiska fel 12 Internas fel 14 Externa fel 19**
- Dynamiska fel 21**
- Åtgärder 22 Felsökningsgång 22 Andra praktiska metoder 25**
- Checklista 27**
- Repetitionsfrågor till kapitlet 28**

3. Störningar i digitala system 29

- Behov av störningsundertryckning 29**
- Olika typer av störningar 29 Kapacitivt kopplade störningar 30 Induktivt kopplade störningar 33 Galvaniskt kopplade störningar 34 Störningar alstrade av elektromagnetisk strålning 35 Uppbyggnad av kretskort 35 Transmissionsproblem 37 Jordsystem 38**
- Checklista för störningsundertryckning 39**
- Repetitionsfrågor till kapitlet 40**

4. Standardsnitt och koder 41

- Definitioner 41** Ord 41 Byte 41 Oktad 42
- Nibble 42 Tecken 42
- Baud 42**
- Dataformat, baser 42**
- Parallell- och seriekommunikation 43**
- Parallella snitt 43**
- Bit-, byte- och ord-serieöverföring 48**
- Seriesnitt 51** Asynkron överföring 51 Synkron överföring 52
- Säker mottagning 53** Enkel paritet 53 Vertikal och horisontell paritet 53 Cykliska kontrollsummor 54
- Protocols 55**
- Repetitionsfrågor till kapitlet 57**

5. Instrument för digital felsökning 58

- Oscilloskop 58**
- Logikprobar 59**
- Pulsgivare (signalinjektorer) 62**
- Logikklämmor 64**
- Strömprobar (Current-Tracer) 65**
- Logik-komparatorer 67**
- Logik-trigg-tillsatser 68**
- Ordgeneratorer 71**
- Logik-analysatorer 72** Utvecklingen av logik-analysatorer 75 Logikanalysator för mikroprocessorer 78
- Egenskaper för en allmän logikanalysator 84
- Digital felsökning med logikanalysator 84
- ”In-circuit-emulation”-testare 88**
- Signatur-analysatorer 89**
- Serieanalysatorer 91**
- Repetitionsfrågor till kapitlet 96**

Mer att läsa 97

Sakordlista 98

Annonsörsregister 104

1. Felsökningens allmänna filosofi

Ny teknik ger också nya tillämpningar

Den moderna digitaltekniken — med sina komplexa kretsar — utvecklas mycket snabbt och tränger in på allt fler elektronikområden. Den har inte bara ersatt äldre tillämpningar utan har också givit upphov till helt nya tillämpningsområden.

Denna explosionsartade utveckling av den digitala marknaden ställer helt nya krav på utbildning och utrustning vid felsökning och underhåll. En ”ny teknik” är påkallad vid felsökning i digitala apparater och utrustningar.

Den mest påtagliga skillnaden mellan analog och digital felsökning är att man vid den sistnämnda behöver få överblick över ett ofta stort antal komponenttillstånd i ett visst ögonblick. Vid analog felsökning är man i regel intresserad av förändringar i enstaka signaler.

Från enkla komponenter till standardiserade kretsserier

De första digitala utrustningarna var uppbyggda av enskilda (*diskreta*) delar (*komponenter*) som transistorer, resistanser och kapacitanser. Vid felsökning i dessa utrustningar kan man därför mäta och kontrollera förändringar i komponenternas tämligen lättavlästa egenskaper. Komponenterna, som har två eller högst tre poler, kan visserligen ingå i en komplicerad krets, men de uppfyller var för sig en enkel uppgift. Det är då ganska lätt att mäta och avgöra om en komponent är felaktig eller ej.

När de första integrerade kretsarna (IC) började invadera den elektroniska marknaden, var de till en början kundanpassade för ett visst ändamål (*custom-design*).

Med tiden standardiserades emellertid IC-kretsarna, och idag är de flesta ”digitaltekniker” väl förtrogna med sådana standardserier.

Under 1970-talet har en mängd olika tillämpnings- och tillverkningsmetoder vuxit fram, vilket gett *logikfamiljer* som TTL, ECL, CMOS, SOS och I²L.

Större komplexitet per volymsenhet i framtiden

De integrerade kretsarna utvecklas i allmänhet i riktning mot allt *större komplexitetsgrad*. Högre packningstäthet men samma storlek medför att flera funktioner kan integreras i samma kapsel.

För närvarande särskiljer man fyra olika grader av komplexitet hos den enskilda kretsen.

- *SSI* = *Small Scale Integration*, kretsar med mindre än 12 grindfunktioner per kapsel.
- *MSI* = *Medium Scale Integration*, kretsar med 12—100 grindfunktioner per kapsel.
- *LSI* = *Large Scale Integration*, kretsar med 100—1 000 grindfunktioner per kapsel.
- *VLSI* = *Very Large Scale Integration*, kretsar med mer än 1 000 grindfunktioner per kapsel.

Med kännedom om den rådande utvecklingen av kretstyper skulle man idag kunna mynta det motsägelsefulla uttrycket ”Diskreta IC-kretsar”, dvs integrerade kretsar av SSI- och MSI-typerna.

Erkända forskare är idag av uppfattningen att de framtida integrerade kretsarna blir allt mer komplexa men också standardiserade. Kundenpassningen bibehålls, eftersom kretsarna kommer att vara programmerbara.

Den digitala felsökningsmetodikerna ändrar också karaktär allteftersom komplexitetsgraden hos IC-kretsarna ökar. Fler integrerade funktioner förenklar delvis felsökningen, eftersom större (fler) moduler (funktionsblock) kan erhållas.

På komponentnivå försvåras emellertid felsökningen avsevärt. Ett belysande exempel är väl hur man felsöker och besannar (verifierar) en riktig funktion hos en mikroprocessor!

Felsökningens huvudproblem

Vid digital felsökning är man främst intresserad av att veta om det finns *signalpulser* eller inte, och om pulserna inträffar i *rätt kombination* och i *rätt tidsögonblick*.

Eftersom de integrerade kretsarna är betydligt mer komplext uppbyggda än de diskreta, kan man inte längre söka efter enkla förändringar hos tex resistanser och kapacitanser, som var fallet med de diskreta komponenterna.

Man får istället analysera mer eller mindre komplicerade digitala signaler och avgöra, om de är riktigt sammansatta med tanke på den önskade funktionen hos kretsen. Ofta är det väsentligt att samtidigt både prova kretsen och påvisa (*indikera*) resultatet.

Eftersom de analoga och digitala kretsarna arbetar på vitt skilda sätt, fordrar de egentligen olika typer av hjälpmedel för diagnos av fel.

I Kapitel 5 kommer vi närmare att studera och behandla de olika hjälpmedel som för närvarande finns tillgängliga på marknaden för digital felsökning.

Komplexitetsgraden hos dessa hjälpmedel varierar från enkla handhållna "verktyg" till mer eller mindre bärbara testsystem.

Vid felsökning i apparater och system uppbyggda med "diskreta" IC-kretsar kan ofta enkla hjälpmedel i form av probar utnyttjas. Vid test och kontroll av LSI-kretsar och mikroprocessorbaserade utrustningar krävs mer välutvecklade instrument i form av logikanalysatorer, "IN-CIRCUIT-EMULATION"-testare eller bärbara, programmerbara testare.

Felsökning i analoga och digitala utrustningar

I analoga utrustningar har man i regel en mängd varierande egenskaper (signalnivåer, fasdifferenser, modulationsgrader etc) med *kritiska punkter*.

Funktionen hos en enhet kan avta efterhand p g a något fel hos en eller flera komponenter. Enheten upphör att fungera då den kritiska punkten uppnås. Felsökningen kan ofta bedrivas på komponentnivå, eftersom komponenterna begränsas till 2—3 in- och utgångar.

Den som däremot söker efter fel i utrustningar, uppbyggda med digitala kretsar, finner en helt annan situation. En digital anordning (grind, vippa etc) har egentligen bara två möjligheter: antingen fungerar den eller också inte.

Detta låter ju förbluffande enkelt i felsökarens öron.

Svårigheterna gör sig dock gällande, eftersom de digitala kretsarna, med sin komplexitet, ofta har ett flertal in- och utgångar, där utsignalerna är beroende av både insignalernas följd (*sekvens*) och kretsens inre tillstånd (status, innehåll).

Digitala nät kännetecknas också av att de ofta har ett flertal återkopplingslingor.

Felsökningsmetodikerna blir även olika för kombinatoriska kretsar och sekvenskretsar.

Eftersom *kombinatoriska kretsar* ändrar utsignalen endast vid ändring av insignalen, kan kretsen "låsas" i ett läge, där fel uppträder, vilket underlättar felsökningen.

Sekvenskretsar har en minnesfunktion. Detta medför att ett fel kan uppträda på utgången först långt efter det att felet inträffat. För att kunna analysera felet måste man tillföra mätobjektet ett repetitiverat pulsförlopp av sådan karaktär att fel indikeras.

Man får söka reda på både en *kopplingspunkt* och en *tidpunkt*, där fel indikeras. Sedan får man flytta observationen bakåt i tidföljden och spåra signalen på kretskortet, tills man hittat felorsaken.

De instrument som man här kan använda är t ex logikanalysator med fördröjningsmöjlighet samt ordgenerator.

Service mannen kan här inte söka efter olika grader av fel, eftersom han inte kommer åt de enstaka komponenterna i den integrerade kretsen.

Reparation efter modulbyte

Eftersom digitala utrustningar ofta är uppbyggda av kretskortmoduler, har felsökningen ute på fältet i regel begränsats till att omfatta byte av kretskort. Service mannen avgör först vilken eller vilka moduler som är felaktiga och byter sedan ut dessa. Den utbytta modulen kan sedan repareras på verkstad, där speciell utrustning finns.

Naturligtvis innebär denna felsökningsfilosofi höga lagerkostnader för utbytesenheter av kretskort.

Då integrationsgraden hos IC-kretsar ökar, möjliggörs även att större funktionsblock kan erhållas på ett enda kretskort.

Tillverkarens produktionskostnader minskar, men felsökningsarbetet försvåras. Det blir åter aktuellt med felsökning på komponentnivå. Nya bärbara komponent- och kretskorttestare införs.

Servicepersonalens kunskapsbehov

Eftersom de digitala utrustningarna ofta är så komplexa är det få utom konstruktören som verkligen förstår hur de fungerar i detalj.

Oftast har ej heller servicemannen tillräcklig tid att lära sig alla detaljfunktioner.

Servicemannen får, utgående från sin kunskap om ett system, försöka lokalisera felet till en enhet eller kort och byta ut detta.

Det är alltså frågan om digital felsökning på *systemnivå*.

I det fall då man måste felsöka på *komponentnivå*, gäller det att utnyttja de olika hjälpmedel (se Kapitel 5), som står till buds. En del av dessa hjälpmedel utnyttjar *komparatormetoden*, vilken innebär att man jämför den krets man mäter på med en "*masterkrets*"

I detta fall behöver man inte veta hur kretsen arbetar i detalj. Eventuella avvikelser mellan kretsarna registreras på en indikatortablå.

2. Feltyper och metoder

Feltyper i digitala IC-kretsar

Vid konstruktion och service är man främst intresserad av att lokalisera kopplings- och lödningsfel samt att finna kapslar med felaktig funktion.

Genom att använda *rätt instrument* och *rätt felsökningsprocedur* kan man ganska enkelt lokalisera och bestämma felen.

Bland de enkla digitala felsökningsinstrumenten kan följande nämnas:

- Logikprobar
- Strömprobar
- Pulsgivare (signalinjektor)
- Logikklämmor
- Komparatorer

Med dessa "verktyg", som vi skall studera närmare i Kapitel 5, kan man t ex mäta på ett digitalt kretskort i drift eller satt i funktion (*aktiverat*) med en *ordgenerator*.

Ordgeneratoren är en apparat, som ger ett valbart mönster av test-signaler.

I digitala sammanhang är det väsentligt att man känner till de olika typer av fel som kan förekomma.

Felen kan vara:

- Statiska
- Dynamiska

Statiska fel

De statiska felen är vanligast och uppträder som konstant hög eller låg nivå.

Mera sällan förekommer fel av typen förbjuden signalnivå (odefinerad nivå mellan tröskelspänningarna), Bild 1.

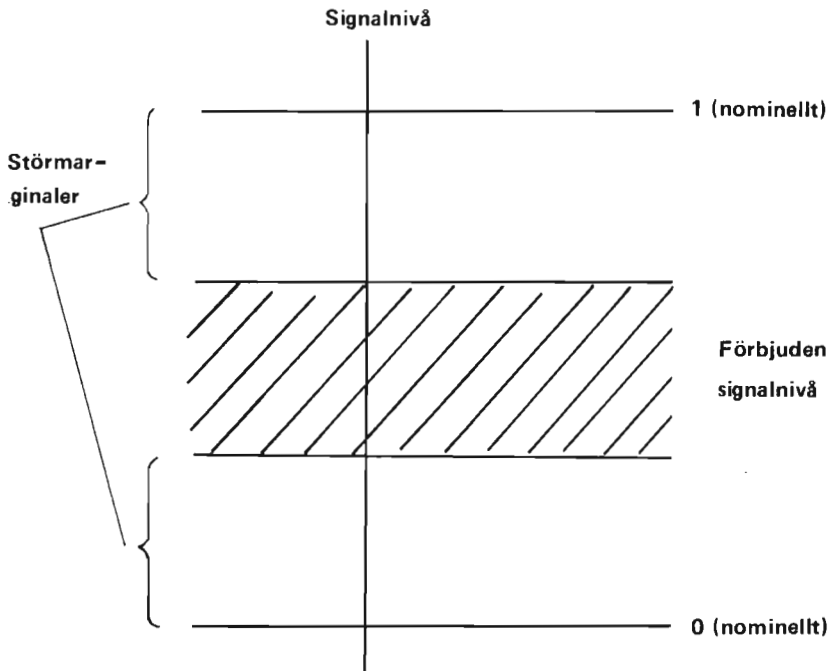


Bild 1. De statistiska felen i IC-kretsar förekommer som konstant hög eller låg nivå, mera sällan som förbjuden signalnivå.

De statistiska felen kan indelas i två huvudgrupper:

- *Interna fel* (dvs inre fel i integrerade kretsar)
- *Externa fel* (dvs fel i förbindningsnätet mellan integrerade kretsar)

De vanligaste *interna* felen framgår av Tabell 1.

Tabell 1. Vanliga interna fel

- *Avbrott* p g a öppen *bondning* (svetsningsmetod för anslutning av halvledarbrickor) på in- eller utgång.
 - *Kortslutning* mellan en in- eller utgång och matningsspänning eller jord.
 - Kortslutning mellan två andra anslutningsstift.
 - Fel i det inre krets nätet.
-

De vanligaste *externa* felen framgår av Tabell 2.

Tabell 2. Vanliga externa fel

- *Kortslutning* mellan en förbindningspunkt och matningsspänning eller jord.
- Kortslutning mellan två eller flera förbindningspunkter, vilka inte är direktförbundna med matningsspänning eller jord.
- *Öppen signalslinga* (t ex foliebrott = avbrott i ledningsmönster).
- Fel på en icke-digital komponent.

Interna fel

Vi skall närmare studera de olika inre felen, utgående från några enkla kopplingar.

AVBROTT

I Bild 2 finns ett avbrott p g a bondningsfel mellan punkterna A och B, dvs *avbrott* på en *utgång*. Avbrottet medför att den efterföljande

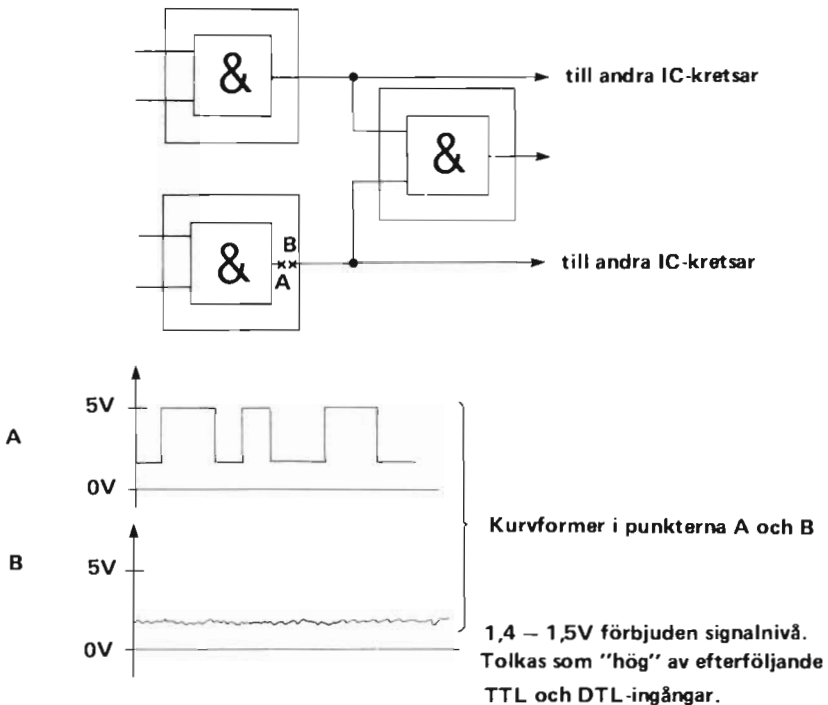


Bild 2. Öppen utgång p g a bondningsfel.

grindens ena ingång flyter till förbjuden signalnivå. Vid TTL och DTL-kretsar antar en flytande ingång spänningen 1,4—1,5 V, och denna tolkas i regel som "hög" av *alla* efterföljande grindar.

Om *avbrottet* finns på en *ingång*, Bild 3, medför detta att den efterföljande grindens ena ingång på IC-chipet (halvlederbricka) ligger och flyter. Även här tolkas denna som "hög" av den efterföljande grinden.

Eftersom nu avbrottet finns på en ingång (inuti grinden G) påverkar detta *endast* denna grind och grindar, vilkas ingångar är anslutna till grinden G:s utgång.

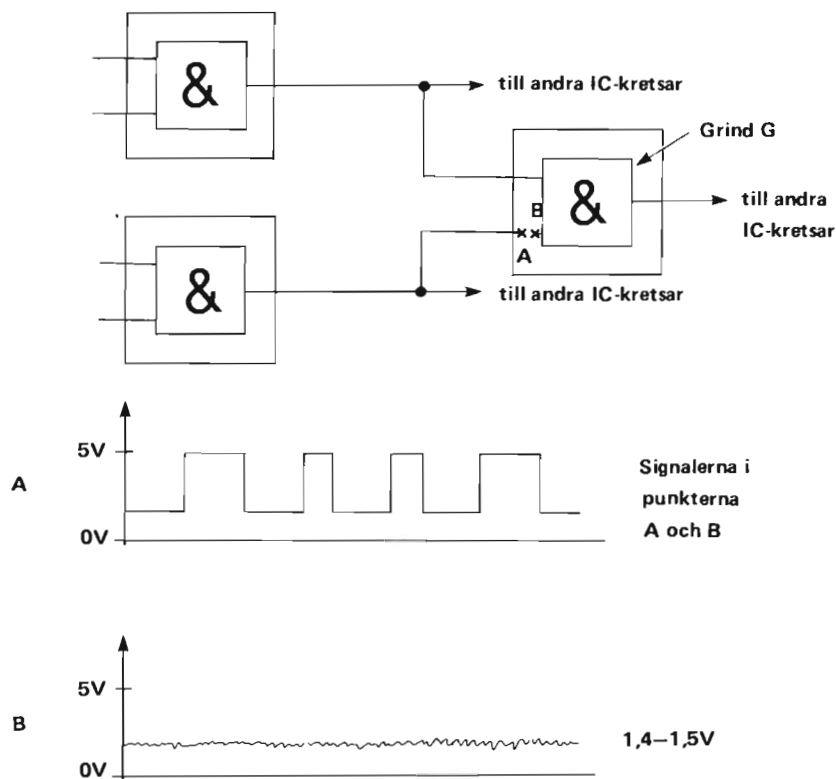


Bild 3. Öppen ingång p g a bondningsfel.

KORTSLUTNINGAR

Om det förekommer en kortslutning, Bild 4, mellan en ingång eller utgång och matningsspänningen U_{CC} eller jord, innebär detta att alla anslutningar till felkällan (kortslutningen) blir "hög" eller "låg".

Ofta medför detta att eventuell signalaktivitet upphör. Vi har fått ett "katastroffel".

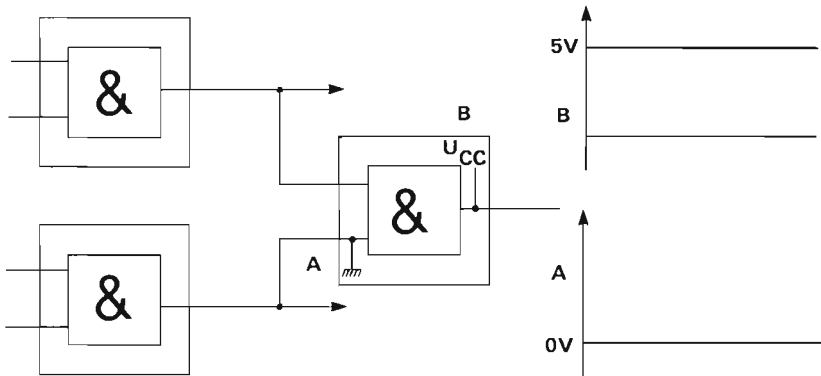


Bild 4. Kortslutning mellan ingång och jord (A) samt utgång och matningsspänning.

Kortslutningar mellan andra stift än de som är kortslutna till matningsspänning eller jord är betydligt svårare att upptäcka.

Vi använder ytterligare ett exempel, Bild 5, för att påvisa effekten.

Här har vi en kortslutning mellan ingångarna på IC3. I vissa fall kommer utgångarna som är anslutna till kretsens ingång att motarbeta varandra.

Detta inträffar då en utgång strävar åt "hög" och den andra åt "låg". Då kommer den utgång som strävar åt "hög" att driva ström genom den övre, bottnade transistorn i sin totempåleutgång. Den utgång som strävar åt "låg" kommer däremot att vilja minska denna ström genom inverkan av sin undre totempåletransistor mot jord.

Resultatet blir att kortslutningsstället ansluts till jord via en bottnad transistor, dvs nivån blir "låg".

När båda utgångarna strävar mot "hög" eller "låg" samtidigt, följer kortslutningsställets nivå efter, men när de strävar mot olika nivåer antar kortslutningsstället "låg" nivå, Tabell 3 (*sanningstabell*).

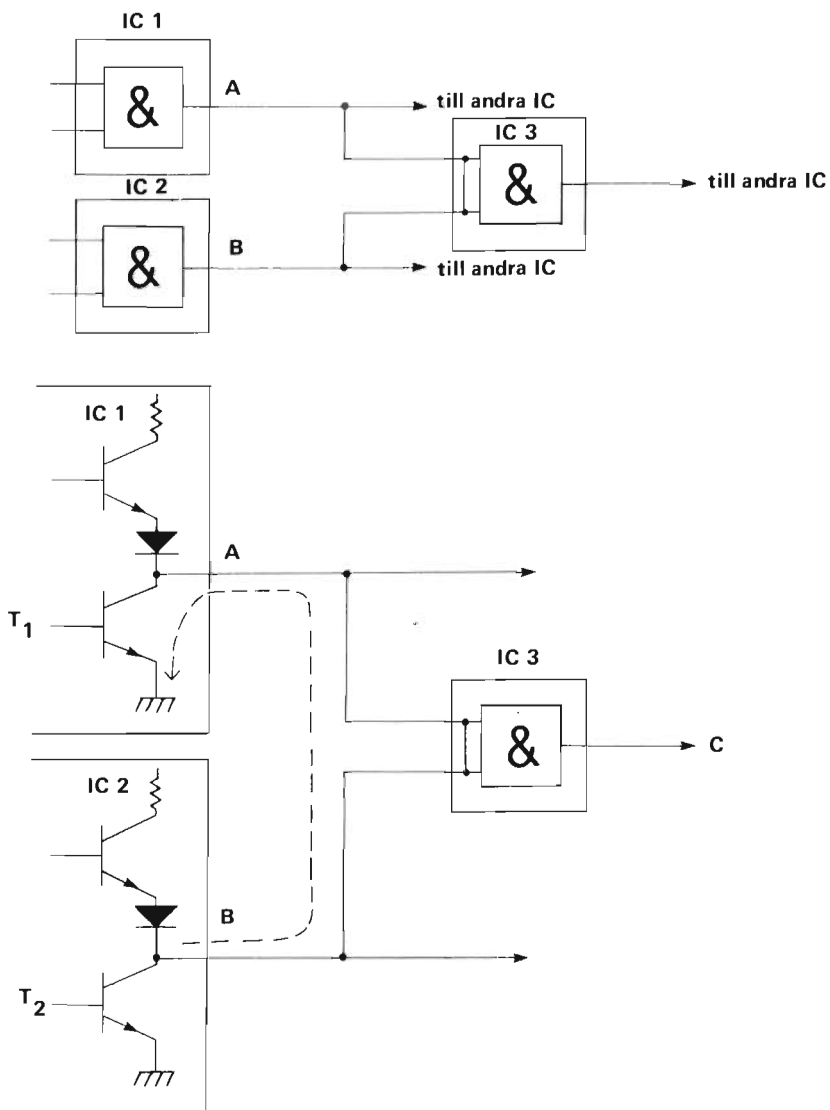


Bild 5. Kortslutning mellan ingångar.

Tabell 3. Funktion hos krets enligt Bild 5 vid olika utgångsnivåer.

T_1	T_2	$A=B$	C	Funk
Låg	Låg	Hög	Hög	OK
Låg	Hög	Låg	Låg	Nej
Hög	Låg	Låg	Låg	Nej
Hög	Hög	Låg	Låg	OK

STYRFEL

Den fjärde feltypen (Tabell 1) gäller det fall då ett fel förekommer i det inre på IC-chipet (halvledarbricka).

Felet uppträder oftast i den kretsdel som styr en totempåleutgång.

Bild 6 visar en 2-ingångars NAND-grind (t ex SN7400), där vi antar att vi har ett fel i styrkretsen T_2 , dvs den transistor som även är kopplad som emitterföljare.

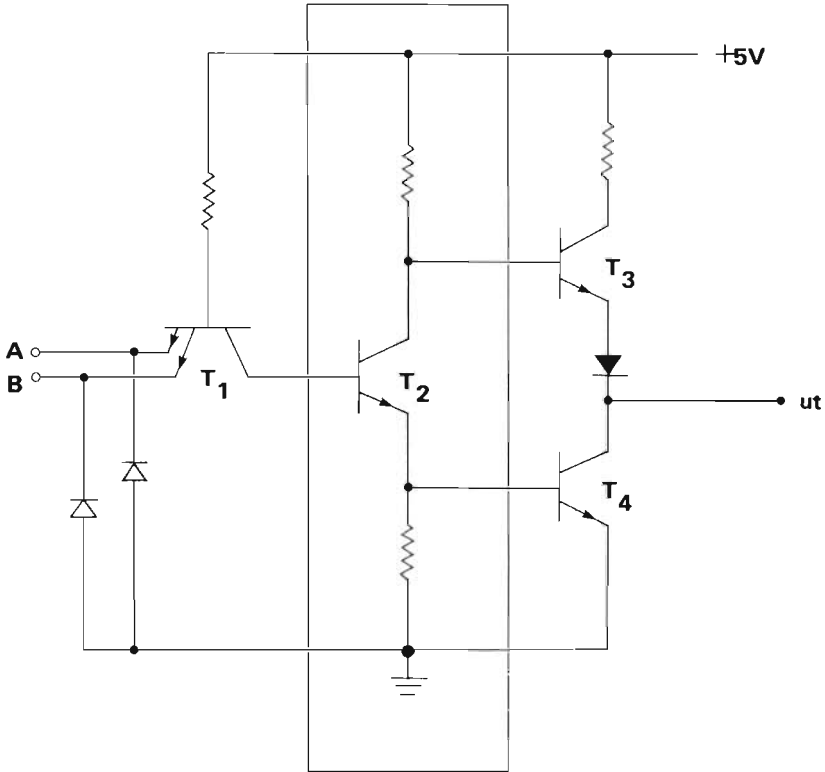


Bild 6. Fel i styrdelen (T_2) låser utgången i antingen hög eller låg nivå.

Resultatet blir att antingen leder ständigt den övre totempåletransistorn T_3 eller också den undre, T_4 .

Om T_3 ständigt leder erhåller vi en konstant "hög" utnivå och i det andra fallet en "låg" utnivå.

Felet blockerar alltså signalflödet genom grinden, och detta ger upphov till ett katastroffel för den digitala utrustningen varri grinden ingår.

Externa fel

En eventuell yttre kortslutning mellan en förbindelsepunkt och matningsspänning eller jord kan inte utan vidare särskiljas från motsvarande inre feltyper. I båda fallen tolkas nivån på de till felpunkten anslutna ledningarna som ständigt "hög" respektive "låg".

Yttre fel av denna typ kan endast lokaliseras genom en närmare undersökning av hela kretskortet med tillhörande ledningar.

I de fall man har en öppen signalslinga, Bild 7, blir resultatet detsamma som vid avbrott i en IC-utgång.

Alla efterföljande IC-kretsar, vilkas ingångar är förbundna med "avbrottets utgångssida" antar "hög" nivå.

Signalnivåerna i ledningarna till en punkt omedelbart före avbrottsstället kommer ej att påverkas av felet.

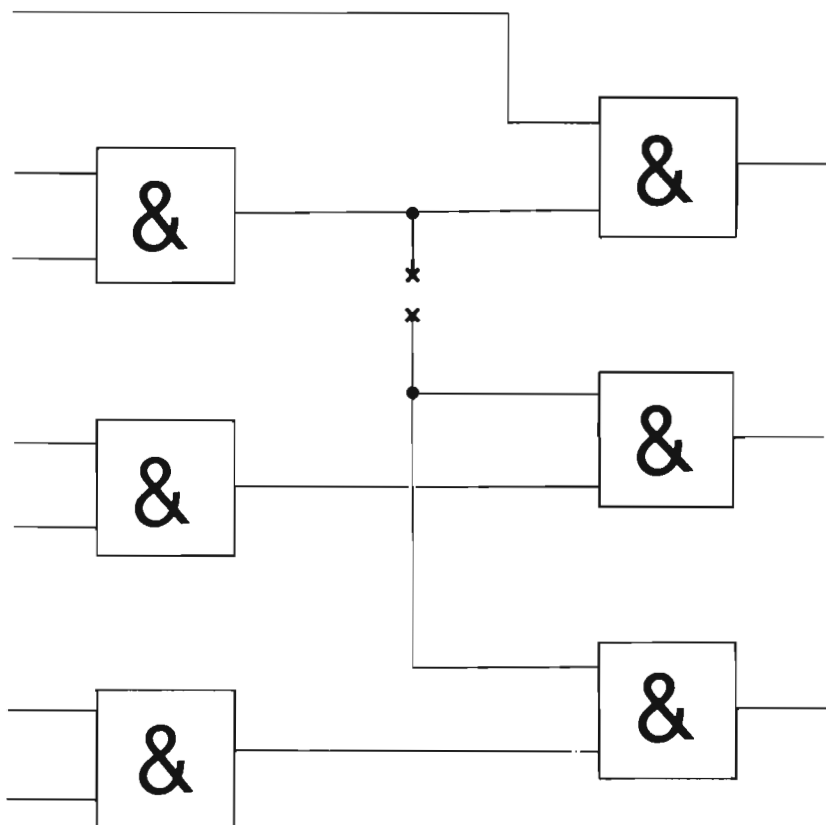


Bild 7. Öppen signalslinga.

KORTSLUTNING I TRÅDADE GRINDAR

En feltyp som visat sig vara mycket svår att komma till rätta med är då man har ett fel i trådade grindar. De trådade grindarna kan t ex ingå i en bussledning, Bild 8.

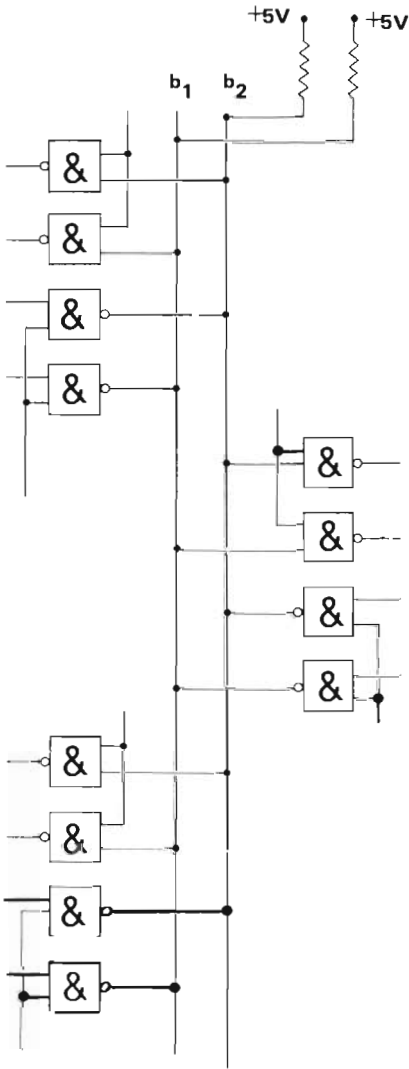


Bild 8. Trådade grindar (bussledning).

Om man med en spänningskännande logikprob registrerar en konstant ”hög” eller ”låg” nivå på en av de två bussledningarna b_1 , b_2 , hur kan man då avgöra vilken av de ingående grindarna som kortsluter till matningsspänning eller jord?

I fallet logikprob är man hänvisad till att bryta upp signalvägen och undersöka varje grind för sig.

Ett ganska nytt instrument på marknaden är *strömproben* (”Current-Tracer”) med vilken man kan spåra en eventuell kortslutning genom att upptäcka strömpulser och på detta sätt snabbt fastställa vilken eller vilka grindar som förorsakar felfunktionen. Den stora fördelen med instrumentet är att det medger mätning utan att man behöver bryta upp, dvs göra ingrepp i kretsen.

Vi återkommer med mer detaljerad information om strömprobens arbetssätt i Kapitel 5.

Dynamiska fel

Bland de fenomen som ofta ger dynamiska fel kan följande nämnas:

- Störningar
- Fördröjningar
- Felaktig flanktrigging
- Hazard¹
- Kapplöpning²

En ”låg” signal med överlagrad spik kan av efterföljande kretsar uppfattas som ”hög” och därmed medföra felfunktion.

Icke önskade fördröjningar ändrar tidordningen mellan signalkvenser och ändrar därmed kretsens funktion.

En felaktig flanktrigging i t ex en vippa ger felfunktion hos kretsen.

¹ Hazard: kortvariga, icke önskade värden på någon eller några av utgångarna till ett kombinatoriskt nät då ingångsvariabeln går från ett värde till ett annat.

² Kapplöpning: uppträder då mer än en av utgångssignalerna till ett komb. nät ändrar sitt värde som en följd av ändrade insignaler.
(Källa: P-E Danielsson, Digitalteknik, Studentlitteratur)

Åtgärder

Det första man bör göra vid all felsökningsarbete är att försöka samla in och utnyttja all felinformation som går att få från apparatens eller objektets utsida. Detta förfarande gäller oavsett om det är en analog eller digital apparat.

För att denna systematisering i arbetet skall vara möjlig, måste man naturligtvis känna till hur det felaktiga objektet är uppbyggt och hur det fungerar. Här spelar dokumentationens kvalitet en mycket viktig roll. En apparats *manual* bör ge upplysning om nyckel-signaler som skall finnas mellan olika kretskort och andra moduler. Genom att mäta dessa nyckel-signaler med lämpliga instrument för digital felsökning, kan man isolera felfunktionen till, i bästa fall, ett kretskort eller en modul.

Logikproben är härvid mycket användbar. Om den är försedd med minnesfunktion kan man förutom att upptäcka statiska tillstånd även få besked om det förekommer enstaka pulser eller pulståg i den observerade signalvägen.

Ofta är det fråga om feltyper som "signal saknas", eller också har vi en signalaktivitet, där det normalt inte skall finnas någon.

När man väl har isolerat det felaktiga funktionsblocket på ett kretskort gäller det att söka reda på var felet eller felen finns.

Felet kan vara endera ett *internt* eller *externt*, och det finns olika speciella felsökningsinstrument till förfogande.

Komparatorn visar sig vara mycket användbar, och med denna kan man ganska snabbt mäta (komparera = jämföra med en masterkrets) samtliga IC-kretsar inom funktionsblocket eller kortet.

Det finns begränsningar i komparatorns användbarhet. Det är t ex inte alltid man har plats för att ansluta komparatorns kapselklämma¹.

I en del fall har vi kanske upp till hundra eller flera IC-kapslar på ett och samma kretskort. Man inser snart att traditionell felsökning med analys av funktionen är förkastlig och att den nya digitala felsökningen i hög grad är motiverad.

Med komparatorns hjälp ringar man tämligen enkelt in felet genom att jämföra varje IC-kapsel med motsvarande referenskapsel. I en del fall behöver man faktiskt inte ens förstå blockets funktion i detalj.

Felsökningsgång

Hur går man då tillväga vid digital felsökning för hand? Något allmänt svar på frågan finns inte, men vi presenterar ändå en felsökningsgång, som utnyttjar de enkla handhållna verktygen. Naturligtvis får gången ses som ett förslag.

¹ Kapselklämma: Kabelförsedd logikklämma vilken möjliggör direktanslutning till en hel logikkapsel (IC-krets).

STEG 1

Det första man bör göra är att kontrollera blockets eller kretskortets alla IC-kretsar och noterar vilka som kan undersökas (testas) med hjälp av en komparator. De som icke kan kontrolleras med komparatorn får man testa med logikprob, logikklämma etc.

Kontrollera samtliga IC-kretsar och anteckna:

- alla kretsar som ger upphov till felindikering
- numren på de stift som ger felindikering
- undersök väsentliga signalvägar med hjälp av manualens kretsscheman

Logikproben används lämpligen då man vill erhålla en överblick över pulsaktiviteten på in- och utgångar till en kapsel.

Om en IC-kapsel har gått sönder, är i regel pulsaktiviteterna ordentligt påverkade.

Vid kontroll av t ex en dekadräknare är det ofta tillräckligt om man mäter och registrerar pulsaktivitet i stiften för räknepulser, återställningsgrindar och räknarutgångar.

Turordningen behöver man oftast inte bekymra sig om.

I det fall man behöver göra en mera ingående undersökning, visar sig en signalinjektor (pulsgevare) i kombination med en logikprob att vara mycket användbar.

Man matar in pulser i kretsarna och läser sedan av resultatet med hjälp av en logikprob, strömprob eller logikklämma.

Förfarandet visas i Bild 9.

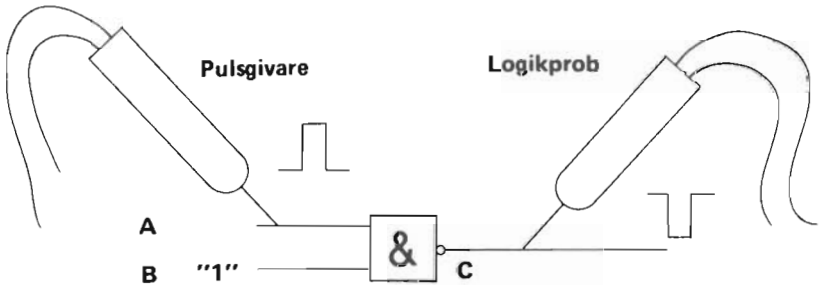


Bild 9. Mätning med logikprob och signalinjektor.

A ligger "låg" och B "hög" vilket medför att utgången C ligger "hög". Genom att mata in en puls vid A, kan utgången C slå om till "låg". På detta sätt kan grindars sanningstabell lätt verifieras.

Man kan även stega upp en räknare genom att använda pulsgivaren i kombination med logikklämman och på detta sätt verifiera funktionen.

STEG 2

Nu bör man ha kommit så långt i felsökningsarbetet att man lyckats isolera de funktionsblock, där felet eller felen finns och därmed ha erhållit en översiktsbild av hur felen uppträder.

Nästa steg blir att leta efter *avbrott* i de utkretsar som driver de punkter där fel observerats. Här använder man som tidigare logikproben.

En öppen bondning hos en utgång medför att nivån blir odefinierad, dvs antar en spänning i det förbjudna området.

Då man hittat en sådan krets, byter man ut densamma och verifierar sedan en riktig funktion med t ex komparatorn.

STEG 3

Om mellannivåer ej förekommer blir nästa steg att försöka finna *kortslutningar* till matningsspänningen U_{CC} eller jord. Här kan man använda logik- eller strömprob i förening med pulsgivare.

Kravet på pulsgivaren blir, att den skall förmå att alstra en tillräckligt kraftig puls för att övervinna den nivå (status) som en lågimpediv TTL-utgång har.

Om logikproben och pulsgivaren ansluts till en och samma punkt och puls kan noteras, kan man förmoda att vi inte har en kortslutning vare sig till matningsspänning eller jord.

Genom att använda strömproben kan man ganska enkelt spåra "strömsänkan" och på så sätt få en indikering om felaktig krets.

Strömproben kan även, p g a sin konstruktion, mäta på isolerade ledningar och därmed upptäcka externa felkällor.

STEG 4

Om man undersökt en felpunkt och fastlagt att det varken är fråga om en öppen krets eller en kortslutning till matningsspänning eller jord, får man i nästa steg leta efter kortslutningar till andra förbindelsepunkter.

Mata in pulser i felpunkten och undersök, om det förekommer nivåomslag samtidigt i övriga förbindelsepunkter. Genom att byta plats för logikproben och pulsgivaren och mata in pulser i omvänd riktning, kan man fastlägga en kortslutning.

En annan metod är att mäta resistansen mellan de två punkterna.

Även denna feltyp kan upptäckas med strömproben i kombination med pulsgivaren

En yttre kortslutning kan även upptäckas genom *okulärbesiktning*¹

STEG 5

Om felet fortfarande kvarstår får man söka efter fel p g a öppna ingångar eller inre kretsfel. Här använder man lämpligen komparatorn och felet kan relativt lätt lokaliserats.

Andra praktiska metoder

I de fall inre kretsfel misstänks kan man innan kretsen monteras ned utnyttja den metod som på engelska kallas "*piggy-backing*". Den illustreras i Bild 10, där vi ser att en felfri krets monterats på "ryggen" på den felaktiga. Metoden torde dock vara användbar endast i de fall vi har öppna bondningar på in- eller utgångar.

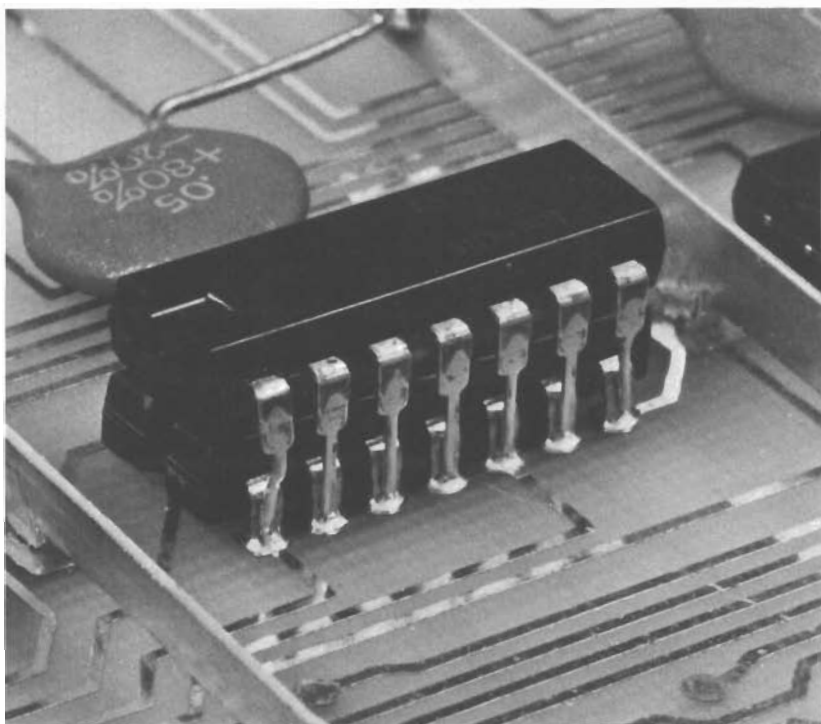


Bild 10. "Piggy-backing". En felfri krets monterats på "ryggen" av den felaktiga.

¹ okulärbesiktning = direkt studium med hjälp av ögat.

Om man vill verifiera felfri funktion hos en apparat innan en krets löds i, kan denna krets först tillfälligt monteras som Bild 11.

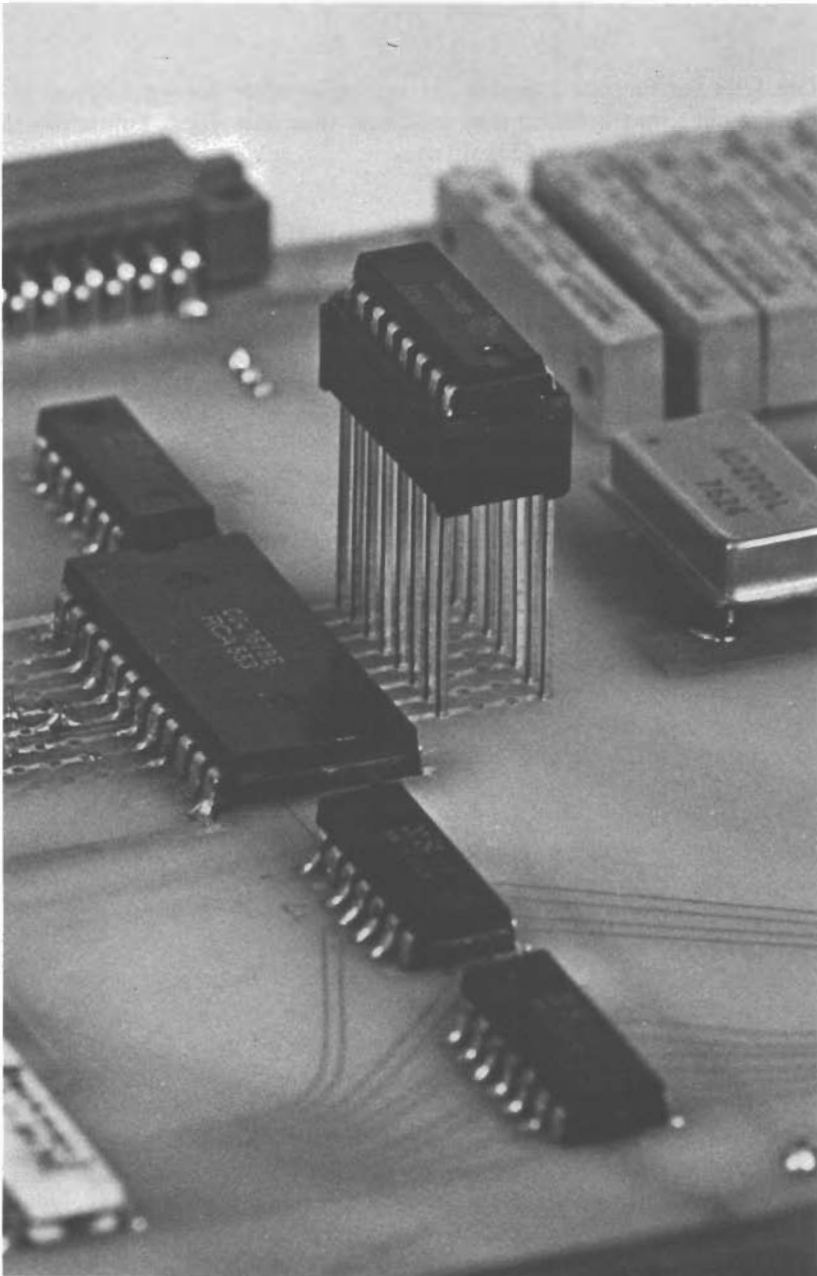


Bild 11. Tillfällig montering av en krets kan verifiera felfri funktion.

Checklista

Här nedan presenteras ett förslag till checklista för felsökningsförfarandet.

1. Studera apparatens uppbyggnad och verknings sätt!
2. Samla in all felinformation som apparaten uppvisar genom att utnyttja apparatens yttre manöverdon ("*Front-panel-milking*").
3. Isolera felaktigt kretskort eller funktionsblock med hjälp av information från punkt 2!
4. Kontrollera signalaktiviteten hos nyckelsignalerna mellan kretskort eller block!
5. Kontrollera alla integrerade kretsar på det felaktiga kortet! An-teckna felindikeringarna och numren på de stift som ger felindi-kering!
6. Ringa in felet eller felen ytterligare genom att upprepa och kom-binera iakttagelserna från punkterna 2, 4 och 5!
7. Undersök eventuella *avbrott!*
8. Undersök *kortslutningar* till U_{CC} matningsspänning eller jord.
9. Finns kortslutningar till andra förbindels punkter?
10. Kontrollera om det finns kretsar som har öppna ingångar och inre fel!

.....

.....

.....

.....

.....

.....

9999 Byt ut apparaten och föreslå den slängs.

Repetitionsfrågor till kapitlet

1. Ge exempel på några instrument avsedda för digital felsökning!
2. Ange de två huvudgrupper av fel som förekommer!
3. Ange dess vanligaste kategorier!
4. Vad skiljer avbrott på utgång från avbrott på ingång?
5. Vad menas med katastroffel?
6. Ge exempel på styrfel!
7. Hur undersöker man lättast en kortslutning vid fallet med trådade grindar?
8. Ange några fenomen som orsakar dynamiska fel!
9. Vad menas med ”Front-panel-Milking”?
10. Redogör kortfattat i form av en checklista felsökningsförfarandet!

3. Störningar i digitala system

Behov av störningsundertryckning

Vid konstruktion och service av elektroniska system måste man vara medveten om de olika typer av störningar som finns och veta hur dessa lämpligen bör *undertryckas* för att inte få en felaktig funktion.

Både externa och interna störningar kan påverka systemet eller apparaten och därmed ge en icke önskad funktion.

I elektroniska system, där man valt att representera informationen i digital form av upplösnings- och noggrannhetsskäl etc, spelar störstålgheten en viktig roll. En störning kan ge ett omslag ($0 \rightarrow 1$ eller $1 \rightarrow 0$) i så väl den minst som mest kännetecknande (*signifikanta*) biten.

Energibehovet i elektroniska utrustningar har minskat kraftigt i takt med den snabba utvecklingen av de digitala kretsarna. Det krävs t ex 0,5 A under 10 ms för att manövrera ett relä. Motsvarande siffror för en TTL-grind blir 5 mA och 10 ns, dvs en energiminskning med 10^8 enheter (dvs 8 tiopotenser).

Eftersom störcällornas energiutveckling inte har minskat i samma takt, krävs förståelse för dennas uppkomst och hur man lämpligen bör eliminera dem.

Olika typer av störningar

Med *störningar* på en signal menar man tillskott till denna, som förorsakas av energiöverföring från andra signaler.

Störningar kan överföras via:

- elektriska fält (*kapacitiv koppling*)
- magnetiska fält (*induktiv koppling*)
- galvanisk koppling
- elektro-magnetiska fält (*högfrekvent strålning*)

De digitala IC-kretsarna har p g a sitt "*logiska sving*" (skillnad mellan noll och ett) och definition av "0"- respektive "1"-tillstånd en viss förmåga att undertrycka störningar. Det krävs t ex en störning av

0,4 V för att en signal av ”låg” nivå skall misstolkas av en TTL-grind. Detta innebär att den av tillverkaren specificerade *statiska störmarginalen* för TTL-logik är 0,4 V.

I Tabell 4 presenteras den statiska störmarginalen för några olika logikfamiljer.

Tabell 4. Statisk störmarginal för några olika logikfamiljer.

Familj	Typiskt logiskt sving (V)	Garanterad statisk störmarginal hög/låg (V)
ECL	0,8	0,1/0,1
TTL	3,2	0,4/0,4
CMOS ($U_{CC} = 5\text{ V}$)	5	1,5/1,5
HLL	12	5,5/4,5

I tabellen ser vi att störmarginalen för CMOS-kretsar är överlägsen TTL-kretsar. Ofta kan störmarginalen uppgå till 50 % (i regel 35—40 %) av matningsspänningen.

Den dynamiska störmarginalen är av större intresse, eftersom den anger logiktypens förmåga att undertrycka tidsbegränsade störningar. Dessa förorsakas ju av kapacitiva eller induktiva kopplingar.

Den dynamiska störmarginalen beror av den statiska störmarginalstörningens tidskonstant och kretsens uppbyggnad i form av dess utgångsimpedans. Den dynamiska störmarginalen uttrycker den energimängd som behövs för att påverka en kretsingång.

En puls som är lång jämfört med kretsens reaktionstid, måste överskrida den statiska störmarginalen för att utgöra en störning. Däremot måste en kort puls ha väsentligt högre amplitud för att ge en störning. Långsamma kretsar är alltså dynamiskt störtlåigare än snabba. Spänningspulser med varaktighet upp till 10 ns hinner vanligen inte påverka CMOS-kretsar men fullt tillräckliga för att göra det på TTL-kretsar.

Kapacitivt kopplade störningar

Störningar uppkomna genom spänningsändringar (elektriska fält) kan kopplas till digitala signaler genom att ström matas in i kretsen via kopplingskapacitansen.

I sådana fall betyder den statiska störmarginalen ingenting då det gäller att bedöma störtlåigheten.

Betrakta två ledare enligt Bild 12.

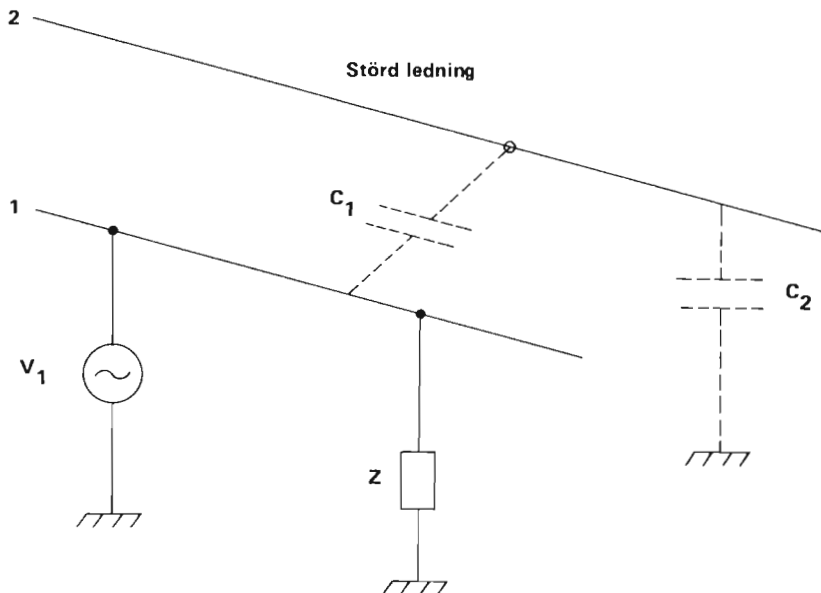


Bild 12. Kapacitivt kopplade störningar.

Ledare 1 är förbunden med en spänningskälla V_1 och har impedansen Z till jord.

Ledare 2 har kapacitansen C_2 till jord.

C_1 är kopplingskapacitansen mellan ledarna.

Om nu spänningen V_1 varieras erhåller vi en strömpuls:

$$i_2 = C_1 \cdot \frac{dV_1}{dt}$$

via inflytande från kopplingskapacitansen C_1 . Denna strömpuls ger upphov till spänningsskillnaden:

$$V_2 = Z_2 \cdot i_2 = Z_2 \cdot C_1 \cdot \frac{dV_1}{dt} \text{ över ledare 2}$$

$$Z_2 \propto \frac{1}{C_2}$$

Vi har erhållit en kapacitivt kopplad störning.

Av uttrycket för V_2 ser vi att spänningsändringens inverkan kan begränsas om man gör C_1 och Z_2 så små som möjligt.

Kopplingskapacitansen kan göras liten om man använder lämplig form på ledningarna.

Om impedansen Z_2 till jord är liten (dvs C_2 är stor), dämpas naturligtvis också den störande signalen kraftigt.

Z_2 kan också göras liten om man lägger in extra avkopplingskondensatorer parallellt med C_2 . Då blir emellertid även de önskade pulsfrekventa signalernas flanker förslöade, vilket medför att överföringen blir långsammare.

En störström som åstadkoms av kapacitivt kopplade störningar, påverkar lättare CMOS än TTL.

För TTL krävs det ca 20 mA för att driva en utgång till omslagsnivån, medan det för CMOS räcker med 3 mA vid en matningsspänning om 5 V.

BOTEMEDEL

Botemedlet mot kapacitivt kopplade störningar blir att införa en elektriskt ledande skärm, som avleder uppkomna störningar till jord, Bild 13.

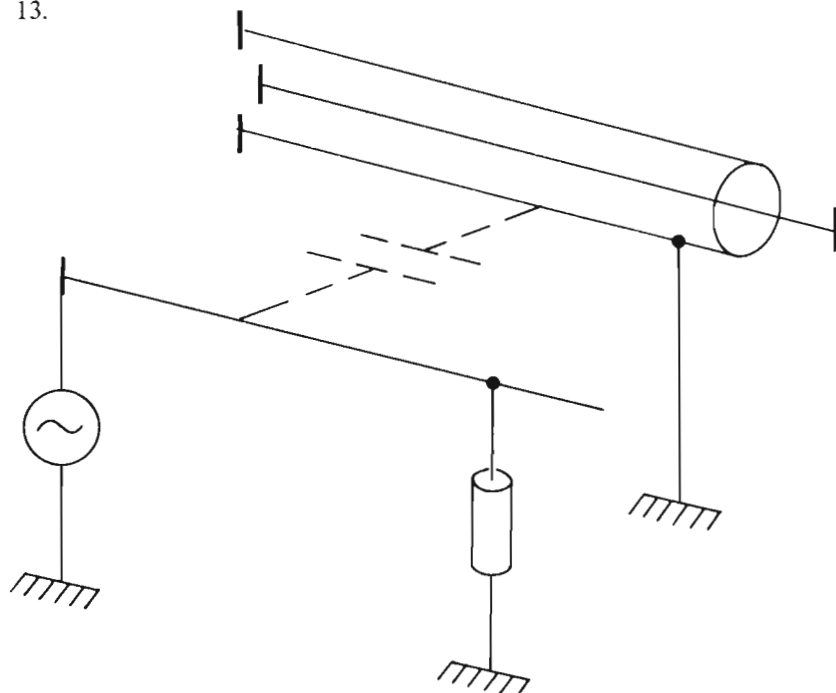


Bild 13. En elektriskt ledande skärm kring den störda ledningen kan bota kapacitivt kopplade störningar, jfr Bild 12.

Detta hjälper mot störningar från närliggande ledningar. Genom att innesluta hela den digitala apparaten i en aluminiumlåda, skyddar man den mot yttre elektriska fält.

Induktivt kopplade störningar

Strömandringar i de digitala kretsarna ger störspänningar över ledningarnas kopplingsimpedanser enligt:

$$U_{stör} = M \cdot \frac{di}{dt}$$

och kopplingen sker via den ömsesidiga induktansen M , Bild 14.

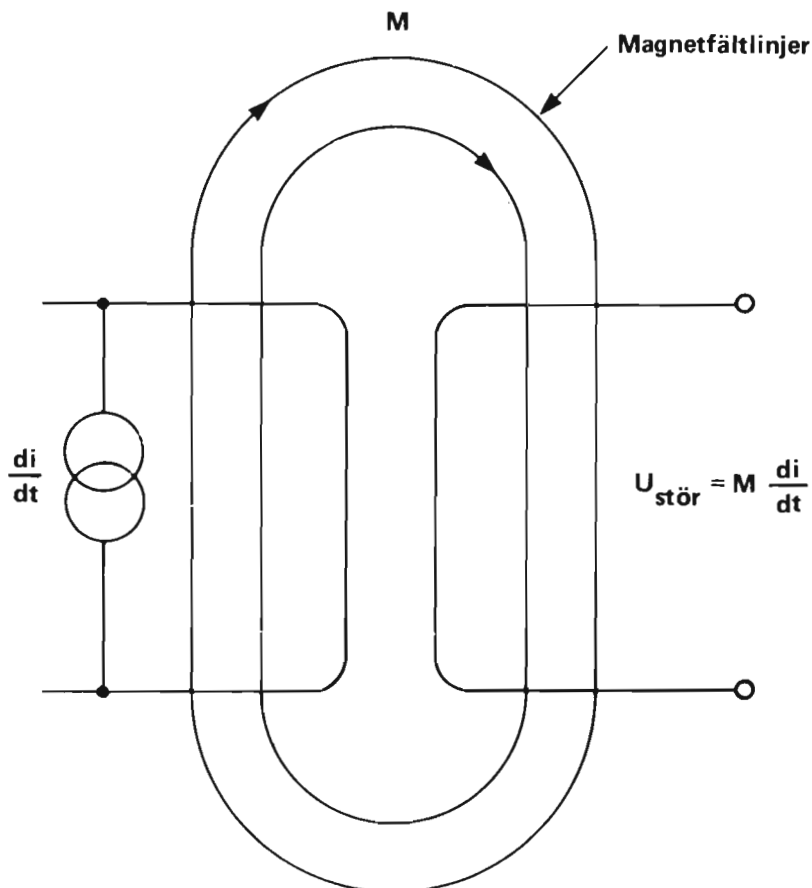


Bild 14. Induktivt kopplade störningar.

I praktiken visar det sig vara mycket svårt att skydda signaler mot magnetfält, eftersom fältet tränger igenom ledaren.

En viss dämpning av störningen kan dock erhållas, om ledaren förses med en skärm.

Digitala kretsar som arbetar i en störningsrik miljö, t ex i närheten av elektriska motorer, ugnar och svetsutrustningar, måste skyddas omsorgsfullt mot de stora störpulser som uppstår vid slutande och brytande av stora effekter.

BOTEMEDEL

Störspänningarnas inverkan kan minskas om *strömändringarna* görs så *långsamma* som möjligt. Om man använder så trög logik som möjligt kan strömomslagen för effektstegen kontrolleras.

Yttre magnetfält från signalledare förhindras att uppstå om *koaxialkabel* eller *skärmad, tvinnad parledning* används.

Vid tvinnad parledning motverkar de uppkomna inducerade spänningarna varandra, Bild 15.

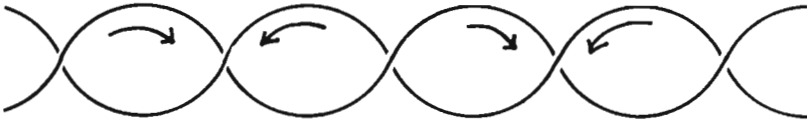


Bild 15. Tvinnad parledning motverkar inducerade störspänningar.

Av uttrycket för störspänningen $U_{stör}$, ser vi också att denna kan begränsas om man minskar den ömsesidiga induktansen mellan ledarna.

Om ledarna görs *breda* och läggs *nära jord*, får de låg egeninduktans, vilket också ger låg ömsesidig induktans. Detta förklarar varför kretskort för snabb logik konstrueras med hela *jordplan*.

Galvaniskt kopplade störningar

Vid omslag av de digitala signalerna ($0 \rightarrow 1$ eller $1 \rightarrow 0$) i en grind uppstår *strömspikar*, vilka orsakar spenningsfall över matarledningarnas resistanser och självimpedanser. Strömspikarna (I_C) uppträder under ett kort tidsögonblick och uppstår genom upp- och urladdning av grindens kapacitiva belastning:

$$I_c = C \cdot \frac{dV}{dt}$$

Av uttrycket framgår att problemet blir speciellt märkbart vid snabba kretsar.

Kretsar som har *totempåleutgång* ger *strömspikar* i matarledningarna, eftersom de två utgångstransistorerna leder samtidigt (vid omslag) under ett kort ögonblick.

Känsligheten för störningar på matningsspänningen är framför allt beroende av vilonivån på kretsens ingångar.

Vid höga matningsspänningar — 10 V och 15 V — som ofta är fallet vid CMOS-kretsar, ökar känsligheten för störningar, eftersom kretsens störalstring ökar snabbare än linjärt med matningsspänningen. Därför bör CMOS-kretsar matas med 5 V, så att risken för internt alstrande störningar minskas. Ofta får man dock göra en avvägning, om tillräcklig marginal önskas mot externa störningar.

BOTEMEDEL

Störningarna dämpas om man använder *kraftiga matarledningar*. Genom att ansluta avkopplingskondensatorer mellan matarledning och jord — så nära störkällan som möjligt — leder man effektivt bort strömspikarna. Ett riktvärde brukar vara 10 nF/kapsel.

Störningar alstrade av elektro-magnetisk strålning

Störningar förorsakade av högfrekvent elektro-magnetisk strålning kan påverka digitala utrustningar som arbetar i omedelbar närhet av radiosändare, mikrovågsutrustningar etc. Även svetsutrustningar och tyristorer är exempel på sådana störkällor.

BOTEMEDEL

Tvinnad par-kabel och skärmd ledare, där skärmen högfrekventmässigt avkopplas till jord via RC-nät i lämpliga punkter är en lämplig hjälpanordning. En störd utrustning kan även inneslutas i speciella skärmade apparatlådor.

Uppbyggnad av kretskort

Man förser kretskort med hela jordplan för att minska inverkan av störningar. Detta utnyttjas främst i snabb logik.

Eftersom ett helt jordplan gör komplicerade ledningsmönster omöjliga att anbringa, får man i stället använda kort som har flera lager av ledare (multi-layer boards).

I regel använder man vid TTL nu jordplan med utseende, enligt Bild 16.

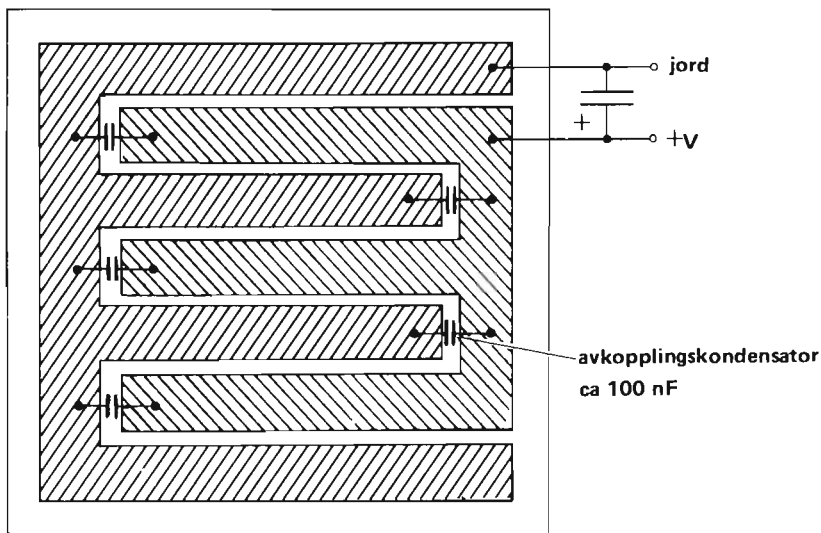


Bild 16. Jordplan enligt TTL.

Om man utformar jord- och spänningsmatningen som "gafflar" och kortsluter dessa växelspänningsmässigt, bildas en kortsluten slinga som dämpar yttre strömtransienter.

I en del fall försöker man efterlikna låginduktiva jordplan genom att använda färdiga samlingsskenor, Bild 17a och 17 b.

En god regel vid störningsminimering är att *alltid* koppla oanvända ingångar till en säker logisk nivå. Oanvända ingångar kan annars fungera som antenner och lätt ta upp oönskade störningar.

Utgången från en vippa bör ej heller utnyttjas som drivsteg, eftersom vippor är mer störcänsliga än grindar.

Transmissionsproblem

En helt annan typ av problem, vilka vi inte berört tidigare, är transmissionsproblem.

Något enkelt svar på när transmissionsproblem uppstår finns inte, eftersom vi kan ha transmissionsproblem på såväl korta som långa ledare. Snabbheten hos de digitala kretsarna bestämmer vad som är en kort respektive lång ledare.

Om stig- och falltiden för en puls överskrider ledningens överföringshastighet uppstår *reflexion*er. Dessa kan dock botas med *avslut-*

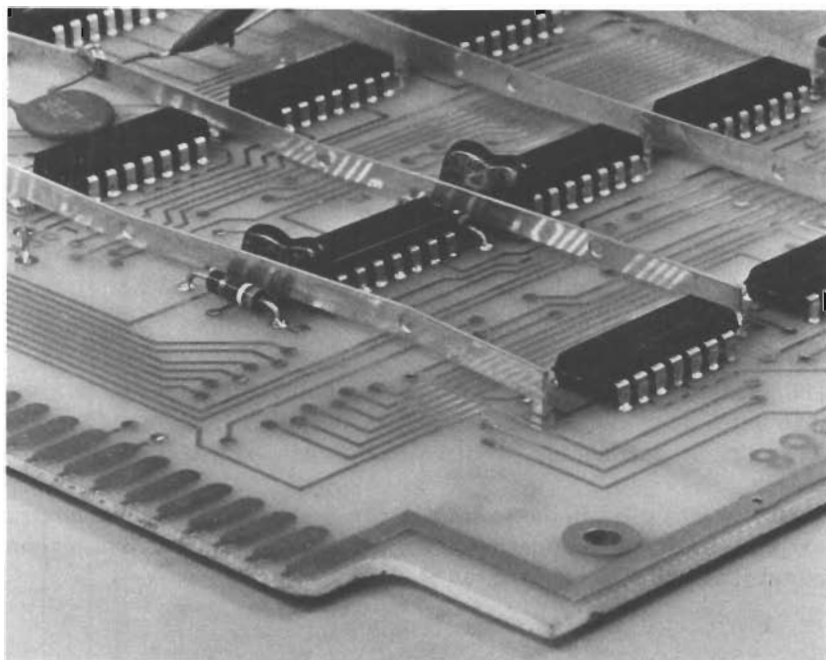


Bild 17a. Separata matar-/jord samlingskenor.

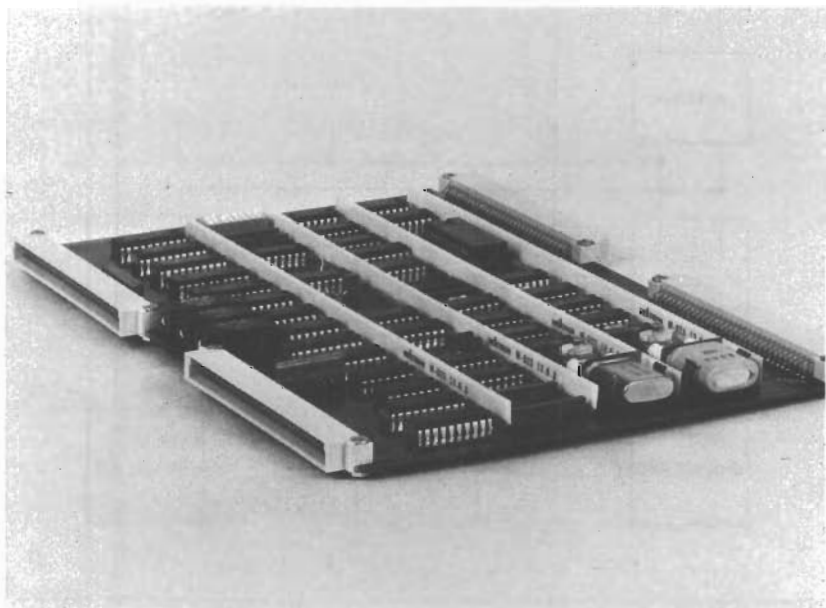


Bild 17b. Matar-/jord ledare åtskilda med tape mellan samlingskenor ('Bus-bar').

ning av ledare, dvs man kopplar in en resistans, som motsvarar ledningens karakteristiska impedans mellan ledningens "slutände" och jord. Ledare på kretskort har en karakteristisk impedans om ca 100 ohm.

Om ledare löper parallellt en längre sträcka (för snabb TTL är en ledning lång vid ca 0,5 m), blir risken för *överhörning* (det "knyst" som hörs när det är "tyst") stor. Överhörning botas med tvinnat tråddpar.

Normalt sett är överhörning ej något problem på kretskort, såvida detta inte är stort och bestyckat med snabb logik (t ex ECL).

Jordsystem

Då störningar kan fortplantas via nätspänningen till ett system, bör man alltid koppla in ett *nätfilter*. Detta filtrerar bort oönskade signaler, vilka är överlagrade på den sinusformiga, konstanta växelspänningen.

Nätets jord eller nolla är icke någon konstant spänningsreferens, varför man även bör definiera en "systemjordpunkt". Till denna punkt skall alla jordsignaler dras, Bild 18.

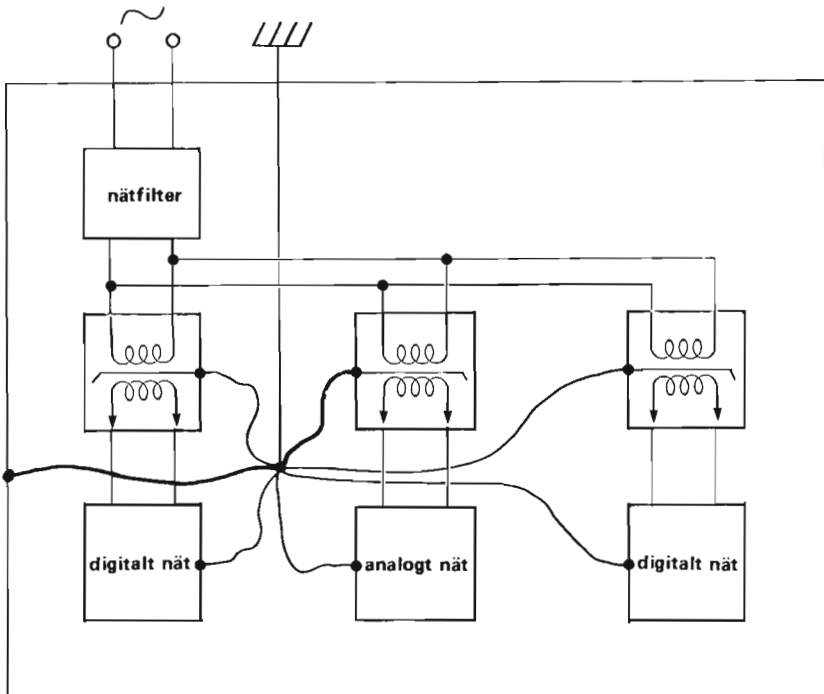


Bild 18. "Systemjordpunkt".

Checklista för störningsundertryckning

1. Utnyttja alltid *avkoppling*.
2. Kretskortens *ledningsdragnings* skall vara grov.
3. Anslut icke använda ingångar till en väl definierad logisk nivå!
4. Skilj mellan signaljord och kraftjord!
5. Undvik *monostabila vippor* då pulsbredderna är kritiska! *tidfaktor*
6. Använd om möjligt *synkrona* nät!
7. Extra spänningsförsörjningsledning bör användas för komponenter, vilka fordrar stor effekt.
8. Använd skärmd ledare eller tvinnad parledning vid långa ledare!

Repetitionsfrågor till kapitlet

1. Ange fyra olika typer av kopplade störningar!
2. Vad menas med statisk störmarginal?
3. Vad menas med dynamisk störmarginal?
4. Vad är botemedlet mot kapacitiva störningar?
5. Vad är botemedlet mot induktivt kopplade störningar?
6. Varför konstrueras en del kretskort med hela jordplan?
7. Varför använder man avkopplingskondensatorer?
8. Hur förhindras inverkan av högfrekvent elektro-magnetisk strålning?
9. Vad menas med ”multi-layer board”? Varför används sådana?
10. Vad är ”bus-bars”?
11. Visa med en figur hur jordplan och matarledning kan utföras vid TTL-logik!
12. Hur uppstår reflexioner?
13. Vad är botemedlet mot reflexioner?
14. Vilka krav ställs på jordsystemet?

4. Standardsnitt och koder

Som en inledning till Kapitel 5 "instrument för digital felsökning", skall vi här försöka analysera några av de *termer* och *begrepp* som används inom datakommunikationen mellan digitala "apparater — sändare och mottagare".

Med *datakommunikation* avses här synkronisering och överföring av data mellan ovan nämnda "apparater".

Som exempel bland dessa apparater (*sekvensmaskiner*) kan följande nämnas:

- Datorer
- Kringutrustningar
- Anpassningsenheter
- "Anpassningsenheter" inom teletransmission
- Programmerbara stimuli-/mätinstrument

Definitioner

Inom datasammanhang uppstod på ett tidigt stadium ett språkbruk — *termer och begrepp* — som idag blivit vedertaget även inom andra teknikområden.

Ord

Med ord avses speciellt inom mini-/mikro-datorsammanhang en bitgrupp om vanligtvis 16 bitar. Större datorer kan arbeta med 32 eller 64 bitars ordlängd. Ett minnes lagringskapacitet anges ofta med enheten *K*-ord ($2^{10} = 1024 = 1 K$).

Byte

Med byte avses en bitgrupp om vanligtvis 8 bitar. Undantag finns dock, t ex 4 bit-byte. *K*-byte anger också en minnesmoduls lagringskapacitet.

Ofta gäller $2 K\text{-byte} = 1 K\text{-ord}$.

Oktad

En oktad motsvarar en grupp om 8 bitar, dvs en synonym till byte.

Nibble

Som ett kuriosum kan enheten nibble anges. Det är en bitgrupp om 4 bitar.

Tecken

Ett tecken (engelska char) utgörs av 5—9 bitar beroende på vilken standardiserad alfanumerisk kod som används.

Baud

BAUD är enhet för moduleringshastighet och är beroende av moduleringsmetod. Vid binär modulering och då speciellt vid synkron överföring är baud-hastigheten och bithastigheten densamma. Dvs 1 baud = 1 bit/s.

Dataformat, baser

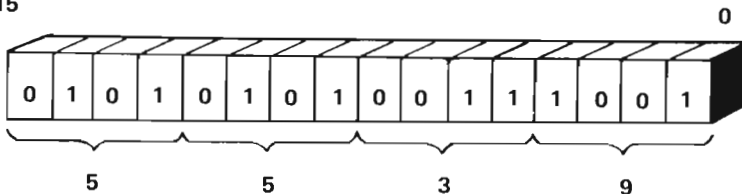
Adresser och data representeras ofta med oktala och hexadecimala baser.

Följande exempel får belysa detta.

EXEMPEL 1

Vid hexadecimal ("16") representation avkodas ett 16-bitars Ord enligt:

Bit 15

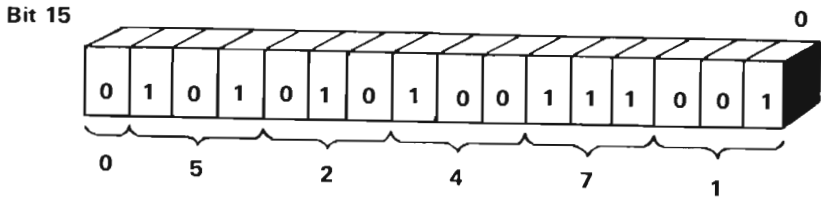


Dvs indela ordet i grupper om 4 bitar och avkoda dessa binärt.

Jfr $2^4 = 16$.

EXEMPEL 2

Vid oktal ("8") representation avkodas ett 16-bitars ord enligt:



Dvs indela ordet i grupper om 3 bitar och avkoda dessa binärt.

Jfr $2^3 = 8$.

Parallell- och seriekommunikation

Informationsutbyte mellan digitala "apparater" kan ske enligt ett flertal olika kommunikationsmetoder. Om indelningen sker med hänsyn till snabbhet och avstånd, kan man urskilja följande huvudtyper:

Parallell överföring. Data överförs i parallell form. Används där kravet på snabbhet är stor och vid avstånd av storleksordningen meter, t ex processor—minne i en dator.

Serieöverföring. Data överförs i serieform. Används där kravet på snabbhet ej är så stor, t ex dator—skrivmaskin (TTY).

Teletransmission. Överföring av data på större avstånd via modem (Modulator-Demodulator), som tillhandahålls av Televerket för användning över det allmänna telefonnätet och hyrda telefonledningar.

Förutom denna indelning kan datakommunikationen även indelas efter faktorer som informationsriktning, synkron eller asynkron överföring samt enligt olika informationskoder.

Parallella snitt

Parallella snitt används där kravet på snabbhet är stor. I regel används en signalledning för varje databit av meddelandet.

Av bla kostnadsskäl utnyttjas "bussar" för överföringen. En buss är ett snitt som kan överföra data mellan flera enheter.

För den fortsatta diskussionen skall vi använda en starkt förenklad modell av ett mikrodatorsystem i vår analys. Bild 19.

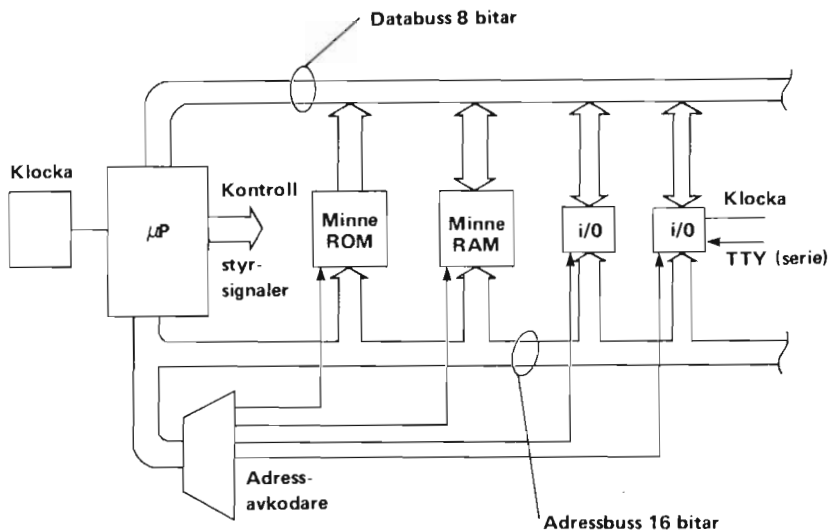


Bild 19. Mikrodatorsystem.

I Bild 19 ser vi att överföringen av adresser sker över en buss som består av 16 parallella bitledning. På motsvarande sätt sker överföringen av data via en 8-bitars buss. Synkroniseringen sker via speciella "handskakningssignaler".

Det är naturligtvis viktigt att en standardisering kan ske av kommunikationssnitt.

En viss standardisering kan sägas ha skett med tillkomsten av IEEE 488 (Hewlett-Packards IB-system), vilket är utvecklat speciellt med tanke på kommunikation mellan en styrenhet och matnings- eller mätinstrument, Bild 20.

Bussen består av totalt 16 bitledning, vilka kan grupperas till 3 bussar. Databussen (8 bitledning) används för att överföra data i bitparallell, byte-serieform från sändare till mottagare. Handskakningssignalerna (3 ledningar) används för att synkronisera överföringen mellan en styrenhet och sändare eller en mottagare. Den allmänna styrbussen (5 ledningar) används uteslutande av styrenheten.

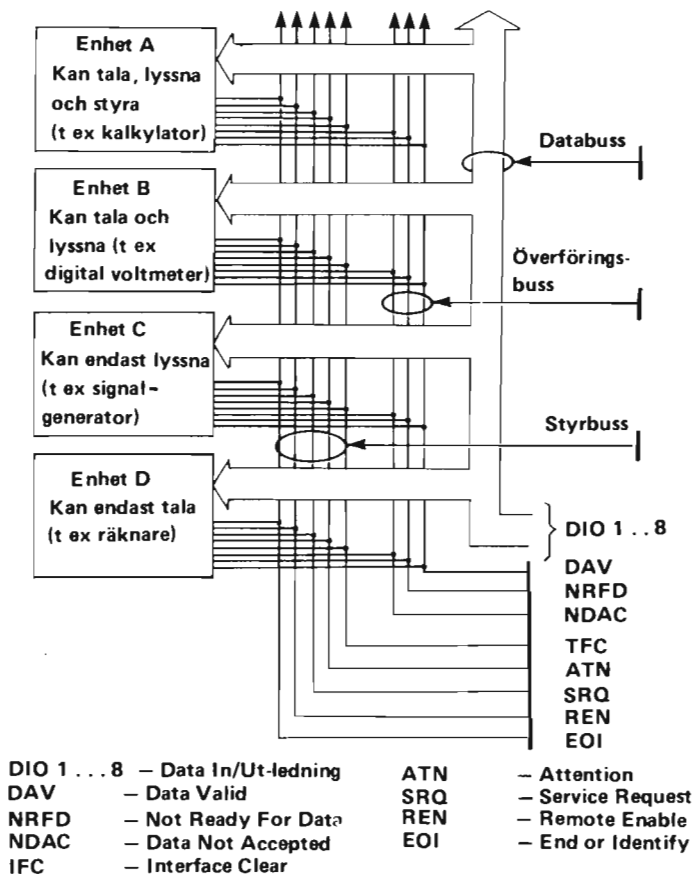


Bild 20. Strukturen hos IEEE 488 Interface-buss.

SPECIFIKATION

- Antal anslutna enheter:** Upp till 15 på ett kontinuerligt bussystem.
- Anslutningsdon:** 16 ledarsbuss upp till 20 m transmissionslängd.
- Dataformat:** Byte-serial, bit-parallell asynkron överföring genom 3 handskakningssignaler.
- Överföringshastighet:** 1 Mbyte/s max över begränsad längd. Typiskt 250–500 kbytes/s för full transmissionsledning.
- Snittfunktioner:** Totalt 10.
- Antal adresser:** Primäradresser: 31 för sändare, 31 för mottagare.
- Snittkretsar:** TTL-kompatibel drivsteg och mottagare.

Bild 21 visar handskakningsförfarandet mellan en sändare och en mottagare.
 Bild 22 och 23 visar tillståndsgrafén för en mottagare som är ansluten till bussen, och som är i tillstånd att mottaga data och "handskakning" från en sändare.

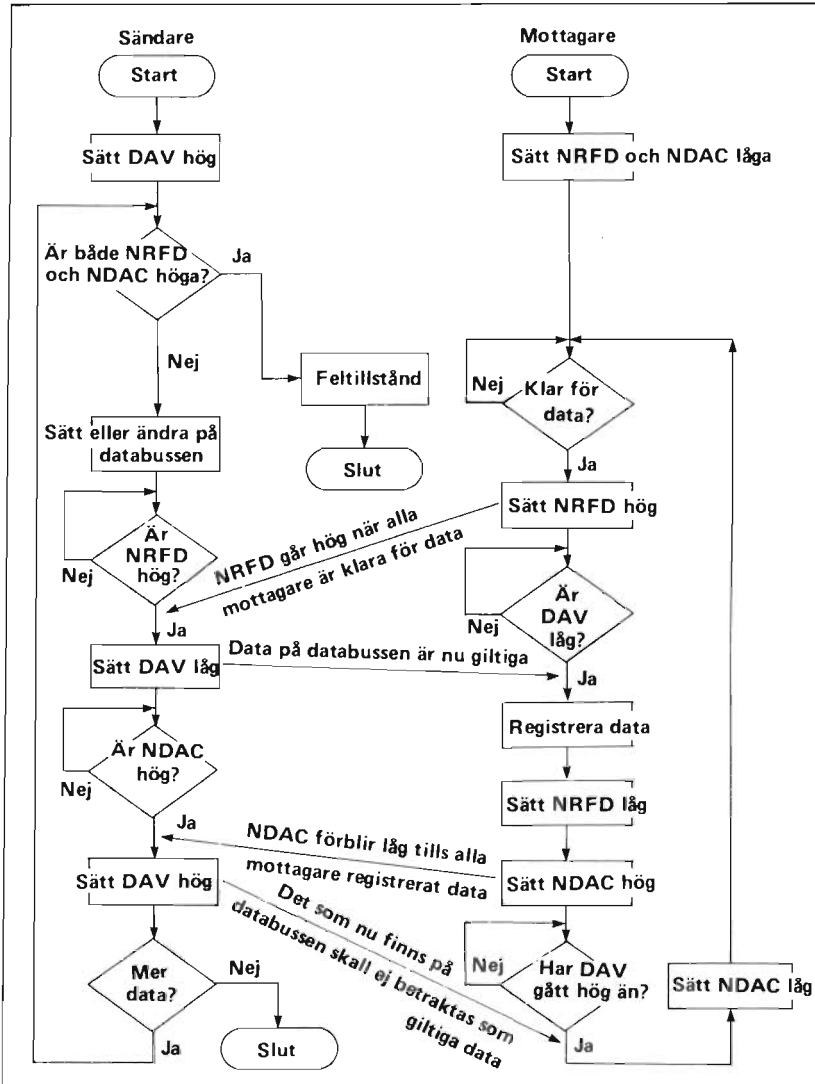


Bild 21. "Handskakning" mellan sändare och mottagare.

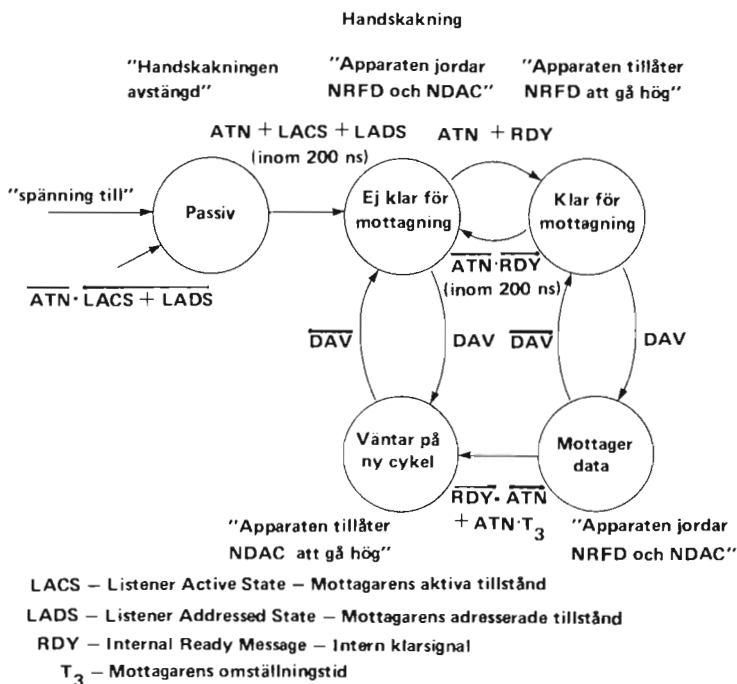
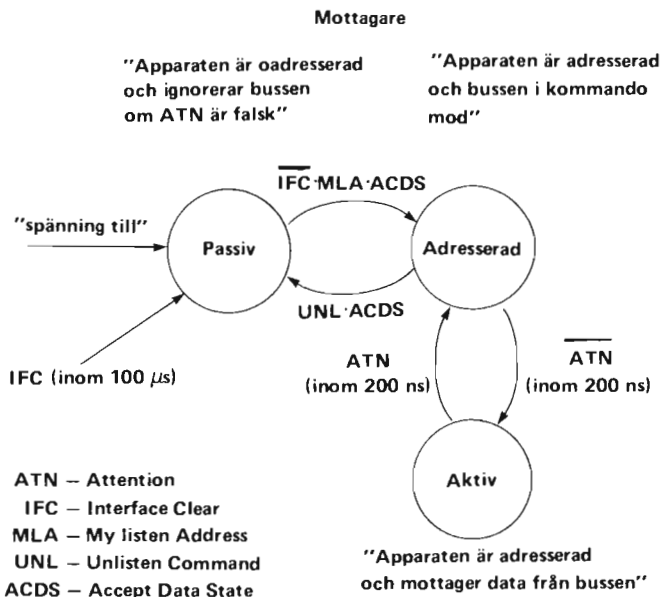


Bild 22–23. Tillståndsgraf mottagare, ansluten till bussen och mottaglig för data från sändare.

Bit-, byte- och ord- serieöverföring

I digitala system används i regel någon eller några av följande överföringsmetoder av data:

- Bit-serieöverföring
- Byte-serieöverföring
- Ord-serieöverföring

Bild 24 belyser överföringen av 3 ord om vardera 8 bitar.

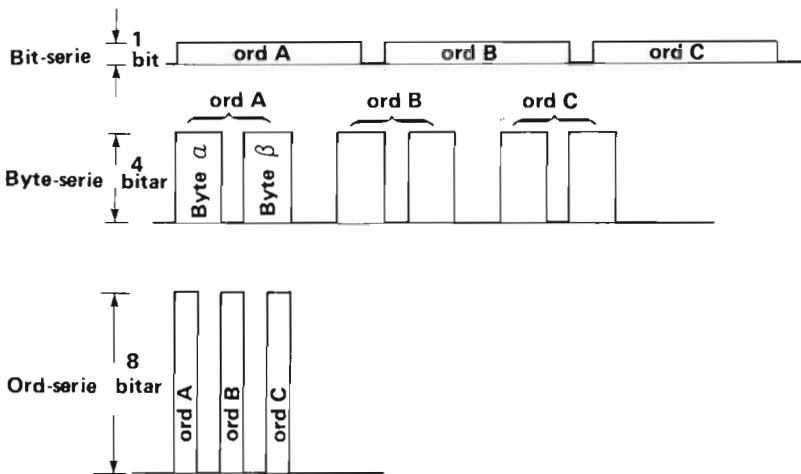


Bild 24. Överföring av 3 ord om 8 bitar var.

För att ytterligare beskriva de olika överföringsmetoderna skall vi studera överföringen av ordet DIGITAL. Vi använder *ASCII-koden* (American Standard Code For Information Interchange), jämn paritet och antar synkron överföring, Bild 25—26 samt sid 52 respektive 53.

b7	0	0	0	0	1	1	1	1				
b6	0	0	1	1	0	0	1	1				
b5	0	1	0	1	0	1	0	1				
1st HEX DIGIT	b8=0	0	1	2	3	4	5	6	7			
2nd HEX DIGIT	b8=1	8	9	A	B	C	D	E	F			
b4	b3	b2	b1									
0	0	0	0	0	NU	DL	SP	Ø	@	P	`	p
0	0	0	1	1	SH	D1	!	1	A	Q	a	q
0	0	1	0	2	SX	D2	"	2	B	R	b	r
0	0	1	1	3	EX	D3	#	3	C	S	c	s
0	1	0	0	4	ET	D4	\$	4	D	T	d	t
0	1	0	1	5	EQ	NK	%	5	E	U	e	u
0	1	1	0	6	AK	SY	&	6	F	V	f	v
0	1	1	1	7	BL	EB	'	7	G	W	g	w
1	0	0	0	8	BS	CN	(	8	H	X	h	x
1	0	0	1	9	HT	EM	)	9	I	Y	i	y
1	0	1	0	A	LF	SB	*	:	J	Z	j	z
1	0	1	1	B	VT	EC	+	;	K	[	k	{
1	1	0	0	C	FF	FS	,	<	L	\	l	;
1	1	0	1	D	CR	GS	-	=	M	]	m	}
1	1	1	0	E	SO	RS	.	>	N	↑	n	~
1	1	1	1	F	SI	US	/	?	O	←	o	DT

NU – Null = tom (tecken)
 SH – Start of heading = rubrikinledning
 SX – Start of text = textinledning
 EX – End of text = textavslutning
 ET – End of transmission = överföringslut
 EQ – Enquiry = förfråging
 AK – Acknowledge = kvittens
 BL – Bell = klocktecken
 BS – Backspace = back
 HT – Horizontal tabulation = tabulering
 LF – Line feed = nedmatning
 VT – Vertical tabulation = höjdsprång
 FF – Form feed = blankettmatning
 CR – Carriage return = vagnretur
 SO – Shift-out = utskift
 SI – Shift-in = inskift
 DL – Data link escape = gruppsskift
 NK – Negative acknowledge = negativ kvittens
 SY – Synchronous idle = synkronisering
 EB – End of transmission block = blocköverföringslut

CN – Cancel = uteslutning
 EM – End of Medium = mediums slut
 SB – Substitute = utbyte
 EC – Escape = skiftning
 FS – File separator = filseparering
 GS – Group separator = gruppseparering
 RS – Record separator = postseparering
 US – Unit separator = unitär separering
 DT – Delete = radering
 D1 – X ON
 D2 – Tape
 D3 – X OFF
 D4 – Device Control
 SP – Space = mellanrum

(Källa: Elteknisk Ordbok,
 Ingenjör förlaget. OBS!
 Tabell 1 sid 132–142)

Bild 25. ASCII-kodens tecken.

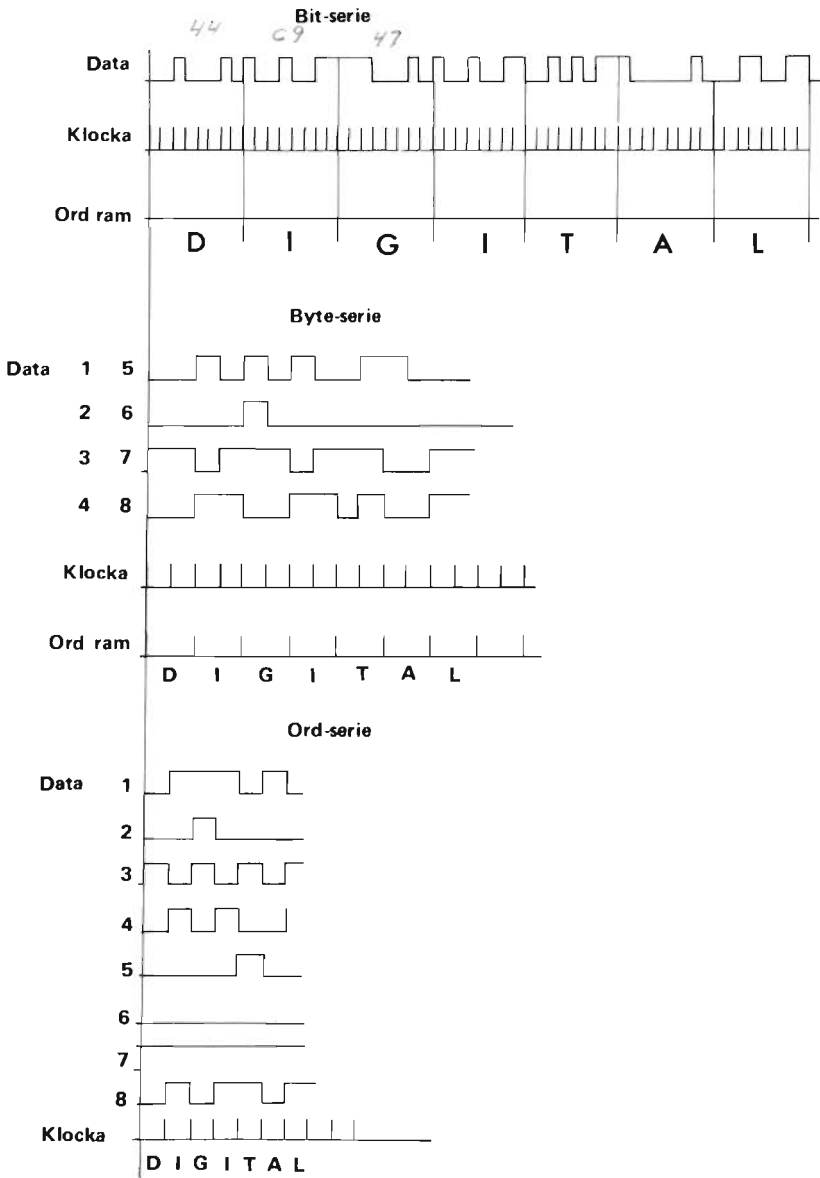


Bild 26. Överföring av ordet DIGITAL.

Seriesnitt

Vid dataöverföring enl seriesnitt sänds varje bit (i meddelandet) i tur och ordning på samma bitledning. Överföringen kan vara asynkron eller synkron.

Asynkron överföring

Vid asynkron kommunikation sänds ett dataord åt gången. Dataordet inleds med en *start-bit* som skall synkronisera mottagaren. *Stopp-bitarna*, som kan vara godtyckliga till antal, frisläpper linjen till normalnivå, vilket säkerställer att synkronisering kan ske vid nästa start-bit.

Teletypesnittet (TTY) är vanligast. Här används 8 bitar (7 databitar och en paritetsbit), en start-bit och en eller två stopp-bitar.

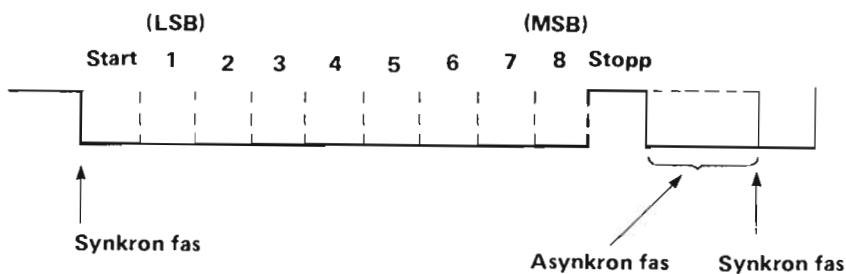


Bild 27. Överföring av seriesnitt (TTY).

Den asynkrona överföringens egenskaper kan sammanfattas enligt:

- Enkel
- Lämplig för kort ordlängd (5 . . . 9 bitar)
- Lågt informationsutbyte, högst 19,2 k-bit/s
- Tillåter ej variabel ordlängd
- Lämplig för skrivmaskins- och dataterminalskommunikation

Synkron överföring

Tecknen sänds i tät följd. De inleds med en startsekvens och avslutas med en slutsekvens. Mottagarens klocka måste fortlöpande synkroniseras med den sändande enhetens klocka. Detta löses enklast på så sätt att sändaren matar ut sin klocksignal på en speciell ledning i snittet.

Om en självklockande moduleringsprincip används, utnyttjas nivåomslagen i bitströmmen för synkroniseringen.

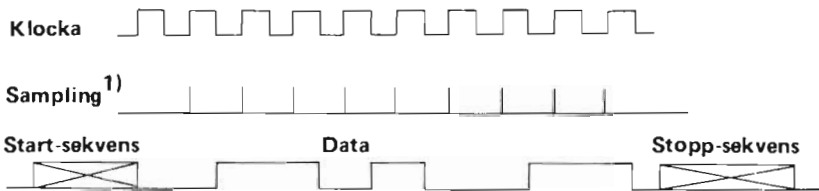


Bild 28. Synkron överföring.

I Bild 28 ser vi att en eventuell ändring av data sker vid klockans negativa flank och mottagaren "känner av" informationen på klockans positiva flank.

Om en slutfrekvens inte efterföljs av en ny startsekvens, sänds en utfyllnadssekvens för att upprätthålla synkroniseringen. Antalet utfyllnadssekvenser kan vara godtyckligt stort. Den synkrona överföringens egenskaper kan sammanfattas enligt:

- Komplicerad
- Högt informationsutbyte
- Lämplig för snabb kommunikation
- Tillåter variabel ordlängd

¹ sampling = avkänning.

Säker mottagning

Det är naturligtvis viktigt att den mottagande apparaten kan skilja mellan riktigt överförda meddelanden och sådana som har utsatts för störningar på linjen.

För att åstadkomma detta används i regel en kontrollsumma, som beräknats ur databitarna. Beroende på antalet kontrollbitar och metod vid beräkningen kan vissa typer av fel upptäckas med 100 % säkerhet.

Felrättande koder finns också, men dessa kräver många kontrollbitar jämfört med felupptäckande koder.

Enkel paritet

Det enklaste medlet för säker mottagning, om man tillfogar en paritetsbit till de övriga databitarna i tecknet. Två fall finns: Jämn paritet — antalet ”ettor” är jämnt — eller udda paritet — antalet ”ettor” är udda.

Jämn paritet	0	1	0	1	1	1	0	0	
									paritetsbit
Udda "	0	1	0	1	1	1	0	1	

Vertikal och horisontell paritet

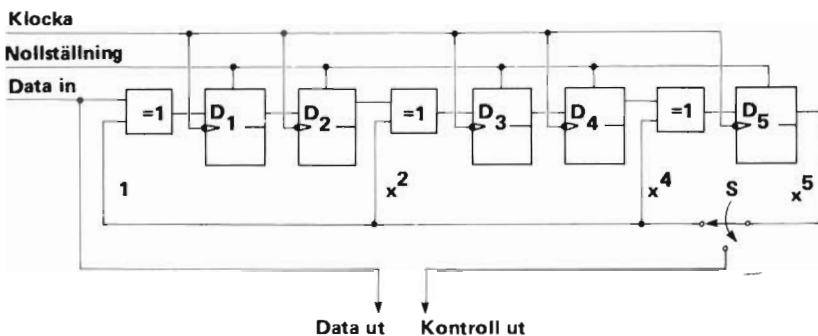
För att stärka en säker mottagning kan man även utnyttja vertikal paritet. Denna bildas om man summerar ettorna i varje position för alla tecken i ett meddelande. Se följande exempel och udda paritet.

Tecken 1	0	1	0	1	1	1	0	1	
" 2	1	1	1	0	1	0	0	1	horisontell
" 3	0	0	1	0	0	0	1	1	paritet
Vertikal paritet	0	1	1	0	1	0	0	0	

Cykliska kontrollsummor

En tredje metod för säker mottagning kan erhållas genom "cyklisk redundans-kontroll" (CRC).

Metoden går ut på att skapa kontrollbitar genom att låta informationen genomlöpa ett återkopplat skiftregister. Det återkopplade skiftregistret är egentligen en PRBS-generator (Pseudorandom Binary Sequence-Generator), vilken påtvingas meddelandet.



	Klock-intervall	Q ₁	Q ₂	Q ₃	Q ₄	Q ₅	X	D ₁	D ₃	D ₅	Tillstånd
Begynnelse	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
tillstånd:	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	2	0	1	0	0	0	0	0	1	0	2
	3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	4
	4	0	0	0	1	0	0	0	0	1	8
	5	0	0	0	0	1	0	1	1	1	16
	6	1	0	1	0	1	0	1	1	1	21
	7	1	1	1	1	1	0	1	0	0	31
osv.											

$$D_1 = X \oplus Q_5$$

$$D_3 = Q_2 \oplus Q_5$$

$$D_5 = Q_4 \oplus Q_5$$

Bild 29. Kontrollbitar skapas via återkopplat skiftregister.

Bild 29 visar ett återkopplat skiftregister, vilket är uppbyggt av 5 D-element.

Kopplingen av ett skiftregister uttrycks ofta i det ”*karaktäristiska generatorpolynomet*”. I detta fall är generatorpolynomet $x^5 + x^4 + x^2 + 1$. Additionerna är addition modulo 2 (exklusivt-ELLER). Antalet kontrollbitar, som här är 5, anger även skiftregistrets längd.

Funktion vid sändning av ett meddelande (antal tecken) är följande:

- Innan sändning startar, nollställs skiftregistret
- Samtidigt som data (tecken) sänds, skiftas de också in i skiftregistret
- När alla data är sända, öppnas brytaren S, varvid de 5 erhållna kontrollbitarna tillfogas meddelandet

Vid mottagning av ett meddelande är funktionen följande:

- Skiftregistret nollställs
- Data och kontrollbitar skiftas in
- När sista kontrollbiten är inskiftad, avkodas skiftregistret
- Skiftregistret skall nu vara noll, om meddelandet är korrekt överfört

Felupptäckningsgraden är beroende av generatorpolynomet. Både gradtal och utseende inverkar. Generatorpolynom med högt gradtal har bättre felupptäckningsgrad än vad man får med vertikal och horisontell paritet.

Inom datortekniken har följande två typer av generatorpolynom rönt stor framgång.

CRC — 16 = $x^{16} + x^{15} + x^2 + 1$

och

SDLC (eller CCITT — 16) = $x^{16} + x^{12} + x^5 + 1$

(SDLC = Synchronous Data Link Control)

Båda typerna har garanterad maximal sekvenslängd, dvs $2^{16} - 1 = 65\,535$ bitars längd, därefter upprepning av sekvensen.

CRC-tekniken utnyttjas även i signatur-analysatorn, se vidare i kapitel 5.

Protocols

Inom datakommunikationen talar man alltmer om begreppet ”*protocols*”. Ett *protocol* är — enkelt uttryckt — en samling regler som måste åtlidas för att ett riktigt informationsutbyte skall kunna ske mellan två eller flera ”apparater”.

Reglerna specificerar de elektriska, fysikaliska och funktionella kraven. De anger även kraven på styrprocedurer vilka möjliggör dataöverföring mellan datakommunikationslänkens anpassningsenhet och till/från användningsprogrammet.

På de gränser som uppstått mellan olika protocols och svårigheter att identifiera olika styrfunktioner har standardiseringsinstanser som EIA, ANSI, ISO och CCITT beslutat att upprätta en 4 nivåers hierarkisk gruppindelning av protocols, Tabell 5.

Tabell 5. Hierarkin av Protocols.

Nivå	Funktion	Exempel
I	Fysikalisk länk	Elektriska: RS 232C, RS 422, RS 423, CCITT V. 35 Funktionella och Mekaniska: RS 232C, RS 449, CCITT X.21
II	Datalänk styrning	Tecken-styrda: IBM Bisync, ANSI X3.28, ISO 1745 Tecken-räknande: DEC DDCMP Bit-orienterade: IBM SDLC, ANSI ADCCP, ISO HDLC
III	Styrnivå kommunikation	Datapakettförmedling: CCITT X.25 Frontdatorkommunikation: IBM NCP, DEC NSP Kod-oberoende rubriker: ANSI X3-281,
IV	System och användarstyrning	IBM SNA, UNIVAC DCA, NCA DNA, DEC DECNET, COMTEN CNS

Nivå I innehåller de fysikaliska, elektriska och funktionella kraven för att uppkoppla, bevara och nedkoppla den fysikaliska länken mellan Data-Terminal-Equipment (DTE) och Data-Circuit-Terminating-Equipment (DCE).

Nivå II innehåller funktioner för datalänkstyrning där dataöverföringen sker över en enkel kommunikationslänk. Medger alltså styrning av två fysikaliska noder i ett nätverk.

Nivå III kommunikationsstyrvivå definierar format och styrprocedurer för END-TO-END-anlutna enheter i ett nätverk (dvs mer än en datalänk). Procedurerna innefattar även flöde av meddelanden genom nätverket.

Nivå IV upprättar systemstyrning för att identifiera karaktären av överförd information (teckenkod, tecken- eller dataformat av överfört fält). Koordinerar överföringen av data mellan användarprogram och operativsystem (OS).

Protocols kan som vi ser i nivå II vara både tecken- (byte) och bit-orienterade. Den sistnämnda typen blir alltmer vanlig. Detta beror mest på att de anses vara effektivare, tillförlitligare och lättare att införa i både hårdvara och programvara. Multi-protocols finns för övrigt nu tillgängliga direkt som LSI-kretsar.

Repetitionsfrågor till kapitlet

1. Definiera termerna *Ord*, *Byte* och *Baud*!
2. Hur avkodas ett 16-bit ord vid hexadecimal respektive oktal representation?
3. Ange några olika kommunikationsmetoder.
4. Vad menas med "buss"?
5. Ange totala antalet bussledningarna och visa schematiskt uppbyggnaden av IEEE 488 snittstandard.
6. Ange i form av ett schema principerna vid dataöverföring enligt bit-serie, byte-serie och ord-serie!
7. När används start- och stopp-bitar?
8. Egenskaper asynkron överföring?
9. Egenskaper synkron överföring?
10. Vad menas med säker mottagning och vilka typer finns?
11. Förklara begreppet *Protocols*!

5. Instrument för digital felsökning

I detta kapitel skall vi studera de olika hjälpmedel som kan användas vid felsökning i digitala apparater och system. Komplexiteten varierar mycket bland dessa hjälpmedel.

Instrumenten kan principiellt indelas i fem huvudgrupper med tanke på komplexitetsgrad och pris.

- Enkla logikprobar, komparatorer och tillsatser till oscilloskop. ≤ 5000:—
- Bärbara digitala testare, signaturanalysator, logikanalysator. ≤ 50 000:—
- ”In-circuit-emulation”-testare. ≤ 20 000:—
- Bärbara, programstyrda testare. ≤ 100 000:—
- Större komparator- eller datorstyrda testsystem (icke bärbara). ≤ 0,5—1,0 Mkr.

Oscilloskop

Man är vid digital felsökning i regel intresserad av att upptäcka huruvida pulsaktivitet finns eller inte i ett digitalt nät. Den 2-dimensionella kontinuerliga täckning av signaler som oscilloskopet medger, är i regel av *redundant* (överflödig) betydelse.

Ofta är man i behov av att studera flera parallella signaler samtidigt. I vissa fall vill man detaljstudera en delsekvens av ett längre tidsförlopp eller bit-flöde.

I bägge fall uppvisar oscilloskopet stora brister i mätförmåga, och vi blir hänvisade till andra instrument som logik-analysatorer och vissa logik-trigg-tillsatser (se sid 72 respektive 68).

Naturligtvis kan man inte allmänt påstå att oscilloskopet saknar betydelse vid digital felsökning. Har man väl erhållit en stabil triggfunktion och lyckats upptäcka var i ett dataflöde en störning inträffar, kan man utnyttja oscilloskopets förmåga att mäta på ”spikar” och avgöra om t ex avkodade vippor slår om exakt.

Ett oscilloskop måste emellertid — för att kunna registrera snabba förlopp — ha stor bandbredd och god triggfunktion.

Logikprobar

Vi skall nu återvända till de olika hjälpmedel vi berörde i kapitel 2. Till dessa hör logikproben, ett av de mest användbara "verktygen" vid digital felsökning.

Logikproben finns i ett flertal utföranden. Den enkla typen indikerar endast *nivå* och presenterar informationen via en lampa eller lysdiod.

Mera välutvecklade typer indikerar förutom nivå även *pulser* och *pulsförhållanden*, är försedd med *pulsminne* (med återställning för hand), och indikeringen kan ske via en lysdiodmatris (segmenterad skärm). Som tillbehör medföljer ofta olika typer av "spetsar" och kontakter, vilka underlättar inkopplingen till mätobjektet.

Proben indikerar i allmänhet följande funktioner:

- Konstant hög/låg nivå
- Förbjuden signalnivå
- Engångsförlopp
- Pulsförhållande
- Periodiska signaler

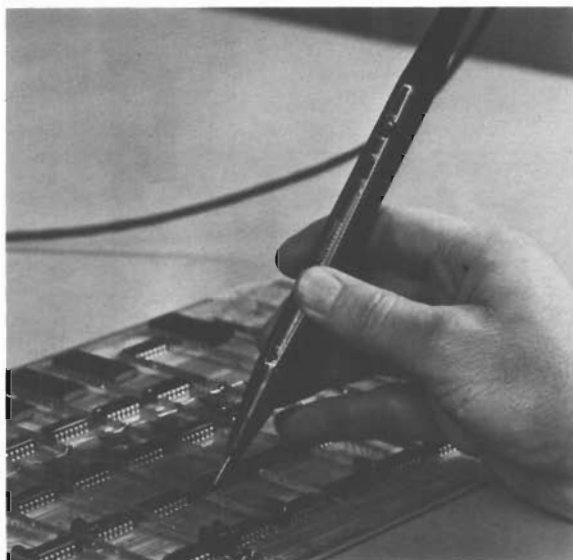


Bild 30. Logikprob.

Matningsspänningen erhålls normalt från den apparat, där det testade objektet ingår.

Tabell 6. Marknadsöversikt Logikprobar.

Fabrikat och modell	Logik-familj	Prese-ntation	Tröskel-spänning "1" (V)	Tröskel-spänning "0" (V)
Canon	TTL/DTL	2 lysdioder	2,4	0,7
Electronics	TTL/DTL	5 lysdioder	1,4	
DP 6000/ DP 8000				
Gossen	TTL/DTL	3 färgringar	2,2	0,75
HP 545A	TTL/CMOS	lysring	2 + 0,4/— 0,2 TTL 0,7 U _{dd} ± 1 CMOS	0,8 + 0,2/— 0,4 TTL 0,3 U _{dd} ± 1 CMOS
Jabri Electr.				
LPHI	TTL/DTL/RTL/MOS	lysdiodmatris	2,4 ± 0,3	0,4 ± 0,2
Kurz-Kasch	TTL/DTL	3 lampor	2,4	0,8
LP-520				
Logik Tester	TTL/DTL	2 lampor	2,4 ± 0,5	0,5 ± 0,15
HL-1C				
HL-11	MOS (neg. logik)	2 lampor	- 4 ± 0,8	- 8,5 ± 1,5
Logic Tone	TTL/DTL	2 tonlägen	2,4	0,4
Sansei 320	TTL/DTL	2 lysdioder	2,4	0,7
Presta Digital	TTL/DTL/CMOS	7 — segm. disp.	2 ± 0,4 TTL	0,8 ± 2 % TTL
Mod 700	ECL/HTL/HINIL	samt lysdiod	0,7 U _{dd} ± 2 % CMOS	0,3 U _{dd} ± 2 % CMOS
Tektronix	TTL/DTL	2 lampor	2,0	0,8
P6401				
HP 10525E	ECL	lysring	- 1,1 ± 0,1	- 1,5 ± 0,1
Aqua	TTL/DTL/RTL	2 lysdioder	1-30	
Digi-test				
W-G TKL-5	TTL/DTL	Segment	2,4 ± 0,3	0,8 ± 0,1

Tabell 6 forts.,

Fabrikat och modell	Belastning på mätt krets (M Ω)	Minimal pulsbredd (ns)	Pulssträckning (s)	Pulsminne	Pulsförhållande	Bandbredd (MHZ)	Matnings-spänning (V)	Skydd mot felvänd matnings-spänning	Skydd mot hög mätspänning (V)
Canon Electronics DP 6000/ DP 8000	> 0,100 0,02	50 20	0,2			20	5 5	ja ja	\pm 70
Gossen HP 545A	0,080 $\leq 15 \mu A$	10 10	0,1 0,05	ja	ja	10 80 TTL 40 CMOS	5 4,5-15 3-18	ja	+ 50 \pm 120
Jabri Electr. LPHI	0,002	20	0,3	ja		30	5		- 15 + 30
Kurz-Kasch LP-520	> 0,035	50	0,2	(ja)	ja		5	ja	\pm 100
Logik Tester HL-1C	> 0,050	50		ja	ja	10	6		+ 50
HL-11	> 10	50		x		10	5	ja	\pm 100
Logic Tone	> 0,100	25	0,2		ja	20	5	ja	\pm 70
Sansei 320	> 0,100	50				20	5		\pm 70
Presta Digital Mod 700	> 1,5	5		ja	ja	100	100-130		\pm 250
Tektronix P6401	0,008	10	0,2	(ja)	ja		5	ja	\pm 150
HP 10525E	> 0,012	5	0,05			50	-5,2	ja	\pm 70
Aqua	> 0,04	10 μs	f/4				5	ja	
Digi-test W-G TKL-5		30	120 Hz 1		ja	2	5	ja	\pm 42

Glädjande är att flertalet tillverkare av digitala instrument och system på senare år förberett sina instrument för anslutning av de digitala "handverktygen" för felsökning. Därför kan man ofta finna t ex en BNC-kontakt för matning av logikprob.

De första logikprobar konstruerades för en speciell logikfamilj. Numera finns omkopplingsbara logikprobar för t ex TTL/DTL och CMOS.

Tabell 6 ger en översikt över de olika typer av logikprobar som i dag finns på marknaden.

Pulsgivare (signalinjektorer)

Med pulsgivaren kan man mata in pulser till den krets eller det funktionsblock man mäter på.

Pulsgivaren används lämpligen tillsammans med logikprob, logikklämma eller oscilloskop för att verifiera en riktig funktion hos enskilda kretsar, kombinatoriska nät och sekvensnät.

Pulsgivaren har inbyggd avkänningskrets och ger smala pulser med hög ström och lämplig polaritet.

Signalinjektorn måste ge tillräckligt stor ström för att utgången över en bottnad totempåletransistor ("låg" nivå ut) skall slå om till "hög" nivå.

Med pulsgivaren kan man lätt verifiera t ex en räknarens tillståndstabell genom att ersätta räknarens klocka med pulsgivaren.

Den senaste och mest utvecklade pulsgivaren är tillverkad av Hewlett-Packard — HP-546A. Denna är utrustad med en mikroprogrammerad LSI-processor, vilken medför att man kan välja mellan 6 olika pulsprogram. Bild 31. Pulsgivaren kan användas för både TTL och CMOS.

Tabell 7 ger en överblick över några olika signalinjektorer.

Tabell 7. Marknadsöversikt Pulsgivare (signalinjektorer)

Fabrikat och modell	Logikfamilj	Pulsamplitud (V)		Pulsprogram	Pulsvidd [µs]
		"1"	"0"		
HP-10526T	TTL/DTL	> 2	< 0,8		0,3
HP-546A	TTL/CMOS	≥ 3	≤ 0,8	ja	≥ 0,5 (TTL) ≥ 5 (CMOS)
Presta Digital mod. 600	TTL/CMOS	≥ U _{dd} -1	≤ 0,5		1

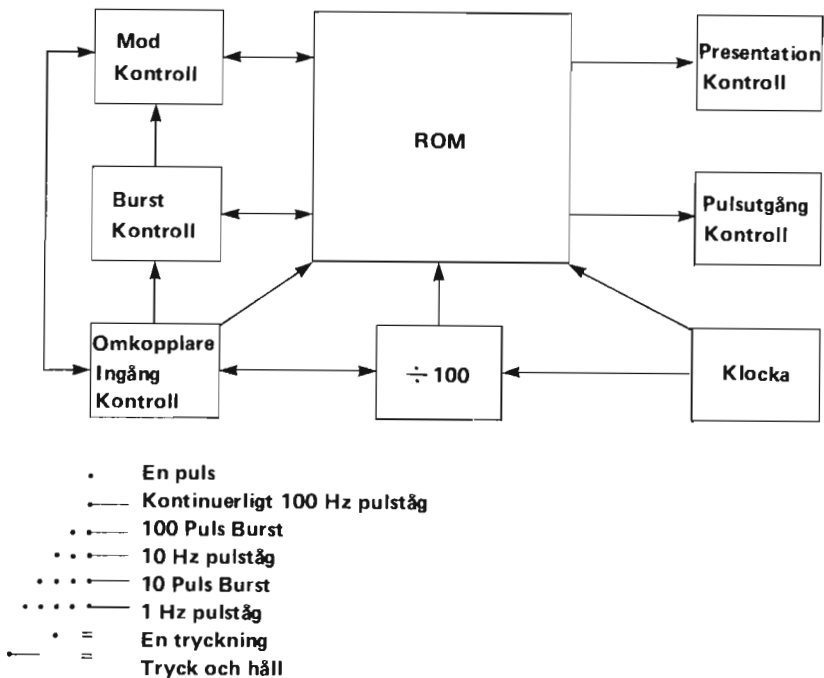


Bild 31. Pulsgivaren HP-546A i princip.

Tabell 7., fortsättning

Utimpedans [ohm] aktiv	[MΩ] av	Matnings- spänning (V)	Spännings- skydd matning (V)	Skydd mot mätspänning (V)	Utström [mA]
< 2	> 1	5	±7	±50	≤ 650
< 2	> 1	5 (TTL) 3—15 (CMOS)	±25	±25	≤ 650 ≤ 100
≤ 2	≥ 2	±5—±15			

Logikklämmor

Som ett komplement till logikproben finns även logikklämman, Bild 32. Denna kan dock endast användas för presentation av *statiska signaler*. Övre gränshäns (maxfrekvens för indikering av pulståg) är ca 1 Hz. Logikklämman ansluts direkt över den krets man vill mäta. Spänningsmatningen kopplas därmed in automatiskt och med rätt polaritet.

Indikeringen sker med 16 lysdioder, vilka presenterar kretsens nivå. Tabell 8 ger en marknadsöversikt.

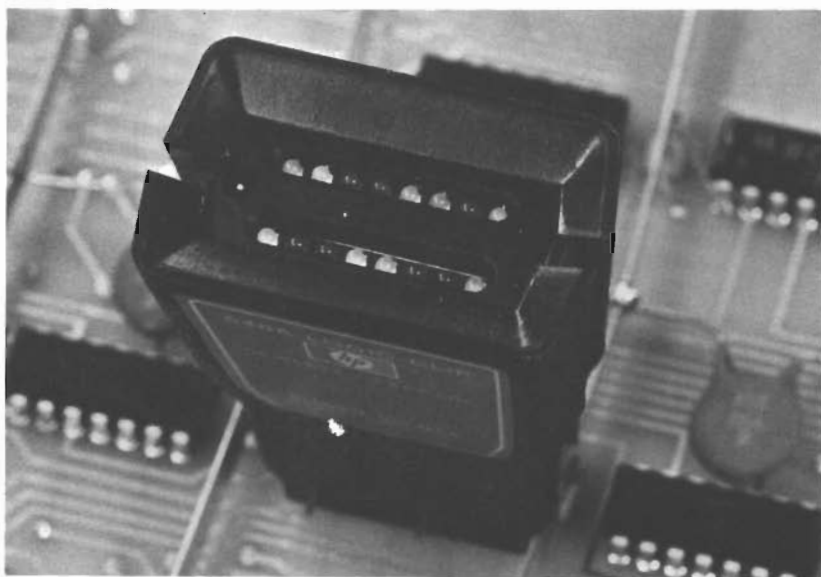


Bild 32. Logikklämman.

Tabell 8. Marknadsöversikt Logikklämmor.

Fabrikat och modell	Logik-familj	Presenta-tion antal lysdioder	Tröskel-spänning "1" (V)
Gossen 5099—4006	TTL/DTL	16	2,3
HP-10528A	TTL/DTL	16	$1,4 \pm 0,6$
HP-548A	TTL/DTL/CMOS	16	$0,4 U_{dd} \pm 0,06$
Rohde Schwartz	TTL/DTL	16+1	$> +1,8$
Logiscope			
Stanley	TTL/DTL	15+1	2,5
Logi Checker			

Strömprobar (Current-Tracer)

Ett av de handhållna "verktygen" på marknaden utgörs av Hewlett-Packards "Current-Tracer" HP-547A.

Eftersom proben är strömkännande används den för mätning och indikering av lågimpediva fel typ kortslutning och kan därmed spåra den krets som svarar för "strömkällan" eller "strömsänkan".

Bild 33 är ett blockdiagram över strömproben.

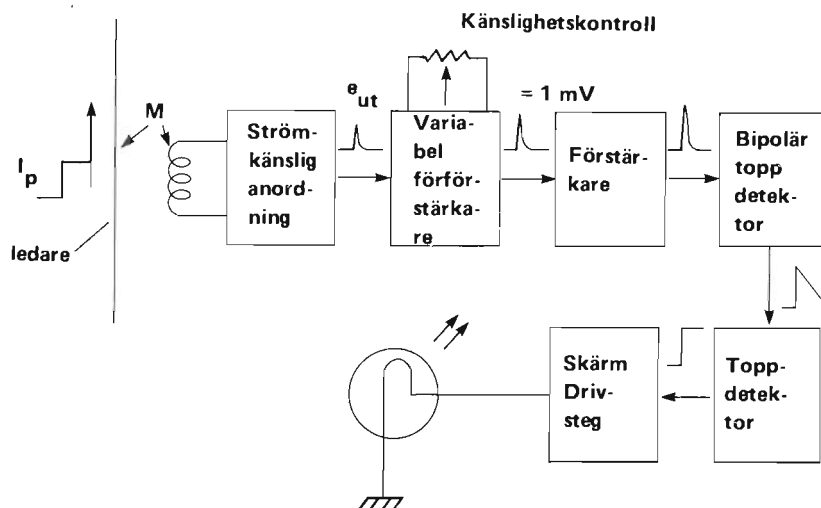


Bild 33. Blockdiagram "Current-Tracer" HP-547 A.

Tabell 8 forts.,

Tröskel- spänning "0" (V)	Minimal pulsbredd [ms]	Maximal frekvens för indike- ring av pulståg [Hz]	Matnings- spänning (V)	Spännings- skydd (V)
< 1,3 0,8	1000	1	5	40
		1	5	-1 — +7
		≈ 15	4—18	30
		≈ 15	5,5	30
			5	40

En strömpuls I_p , i den ledning man mäter på, kopplas via den ömsesidiga induktansen M till en anordning, vilken är känslig för strömförändringar.

Den strömkännande anordningen fungerar i princip som en strömtransformator och avger en späningspuls e_{ut} , vilken är proportionell mot I_p .

Storleken på e_{ut} avtar med ökande avstånd mellan strömpröbens mät huvud och den ledning varpå man mäter.

Späningspulsens e_{ut} kopplas till en förförstärkare, vars förstärkning anpassas med känslighetskontrollen, så att e_{ut} motsvarar ca 1 mV, då mät huvudet är placerat i omedelbar närhet till ledningen. Späningspulsens förstärks ytterligare och sträcks ut av två kaskadkopplade toppdetektorer, så att en tillräcklig späningspuls erhålls för matning av indikatorns drivsteg.

Genom att följa ledaren i dess längdriktning kan man upptäcka pulsaktivitet.

Strömpröbens lampa lyser med samma intensitet, så länge som samma ström finns närvarande i ledaren. Om intensiteten avtar har strömmen bytt signalväg. Då lampan slocknar, indikerar detta att kortslutningsstället har passerats.

Eftersom mät huvudet ej behöver vara i direkt kontakt med ledaren, kan man mäta på isolerade ledningar och även på inre signalvägar i flerlagerkort.

Bild 34 visar konstruktionen av mät huvudet och dess ekvivalenta krets.

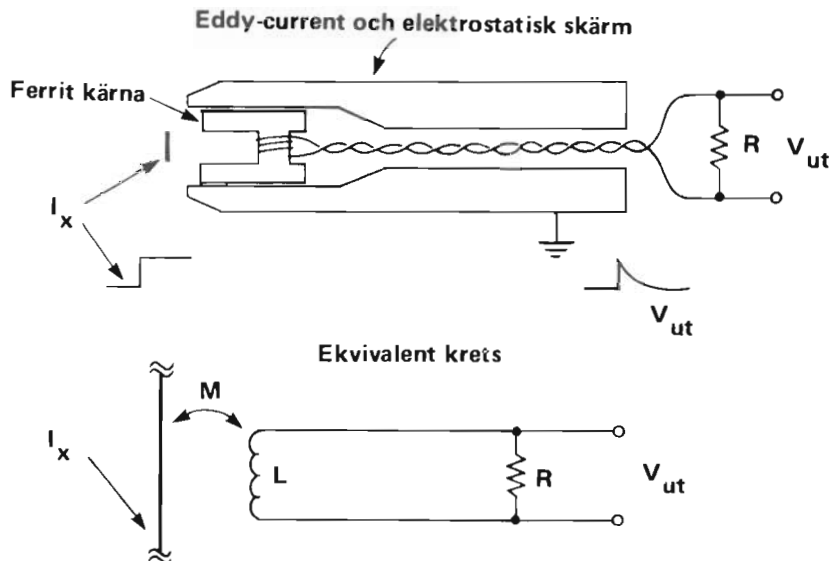


Bild 34. Strömpröbens mät huvud och ekvivalenta krets.

FÖRDELAR

- Indikerar "strömkälla" och "strömsänka".
- Möjliggör mätning på trådade grindar, t ex buss-ledningar.
- Oberoende av logikfamilj.
- Mäter på isolerade ledningar och signalvägar inuti flerlagerkort.

NACKDELAR

- Kräver viss storleksmässig utformning på ledare, dvs pläteringen på kretskort.
- Känslig för överhörning.
- Svårare att handha än spänningskännande logikprobar.
- Kräver längre inlärningstid.

Logik-komparatorer

Vi skall nu återvända till logik-komparatorn, vilken användes i felsökningsgången, sid 22.

Funktionssättet är ganska enkelt. Komparatorn jämför utgången på mätt kapsel med en felfri referenskapsel (masterkrets), vilken inkopplats parallellt. Ingångssignalerna är gemensamma.

Jämförelsen utförs av exklusivt-ELLER-grindar (modulo -2), och en eventuell avvikelse indikeras på en tablå om 16 lysdioder.

Anslutningen till en IC utförs på samma sätt som för logikklämman. Matningsspänningen inkopplas då automatiskt. Bild 35 visar funktionen i form av ett blockschema.

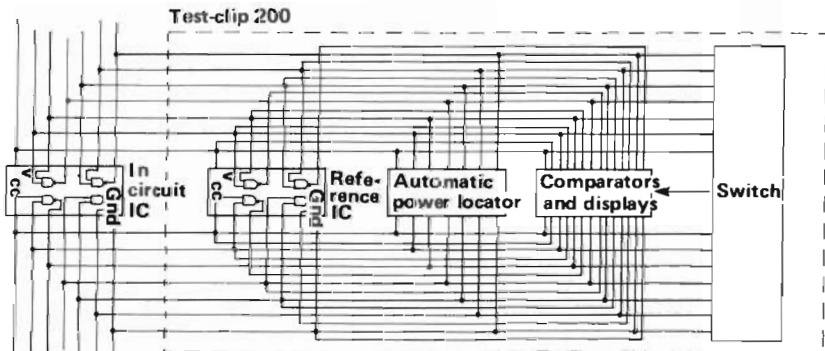


Bild 35. Blockschema för logik-komparators funktion.

Tabell 9. Marknadsöversikt Komparatorer.

Fabrikat och modell	Logik-familj	Presen-tation antal lysdioder	Tröskel-spänning "I" (V)
HP-10529A	TTL/DTL	16	1,4
Fluke ---	TTL/DTL	16+1	2,4
Trendar mod 200	CMOS		0,7 U _{dd}

Tabell 9 presenterar två av de vanligaste komparatorerna på marknaden. Den ene av dessa, Fluke-trendar Test-Clip 200 är egentligen ett kombinationsinstrument, eftersom det kan användas som logik-prob, logikklämma och logikkomparator.

Logik-trigg-tillsatser

På sid 58 berörde vi något om det problem som man ofta stöter på i digitalteknisk mätteknik vid utnyttjande av oscilloskop.

Problemet är att erhålla en stabil (jitterfri) triggsignal vid studium av en liten del i en längre sekvens och att få detta förlopp tillräckligt utbredd på oscilloskopskärmen.

Genom att använda en "logisk trigg-tillsats" och utnyttja dess förmåga att "känna igen" en viss kombination av insignaler kan man erhålla en stabil triggsignal.

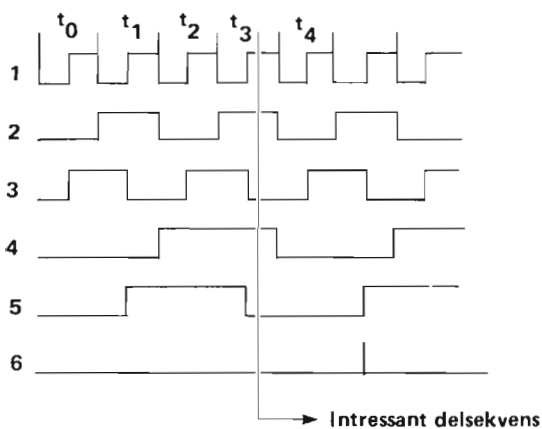
En unik kombination av ettor och nollor på t ex 8 bitledningarna får tillsammans ge upphov till en signal som startar oscilloskopets svep.

Genom lämpligt kombinationsval kan man erhålla ett svep som startar strax före den intressanta delen av den studerade sekvensen, Bild 36 a—b.

Tabell 10 ger en översikt av typer på marknaden.

Tabell 9, forts.

Tröskel- spänning "0" (V)	Minimal pulsbredd [ms]	Maximal frekvens för indike- ring av pulståg [MHz]	Matnings- spänning (V)	Spännings- skydd (V)
0,4	200	2,5	5	7
$0,3 U_{dd}$	400	1	4,5—10	10
	100—75			



Omkopplare D = Don't care

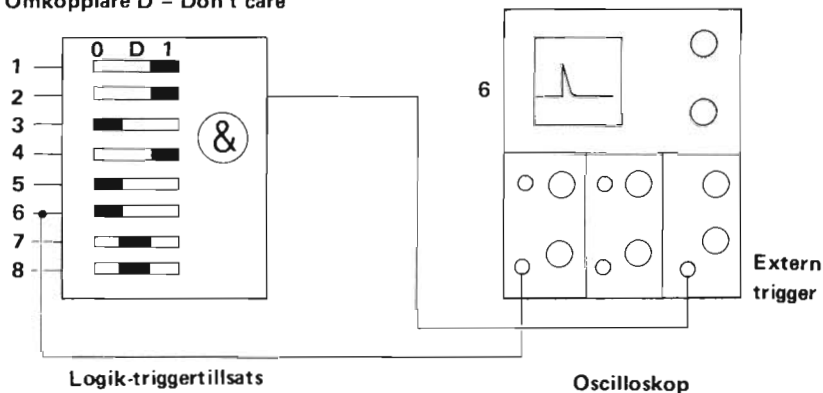


Bild 36a. Mätning med logik-trigger-tillsats.

Tabell 10. Marknadsöversikt Logik-trigg-tillsatser.

Fabrikat och modell	Logik-familj	Ingång Logiknivå "0" / "1" (V)	Spänning (V)	Skydd mot hög matn. spänning (V)
HP-1230A		0 — +0,8/2 — +15	5	±15
TEKTRO-NIX-821	TTL	— —0,3 — +0,8/2 — +5,5	5	

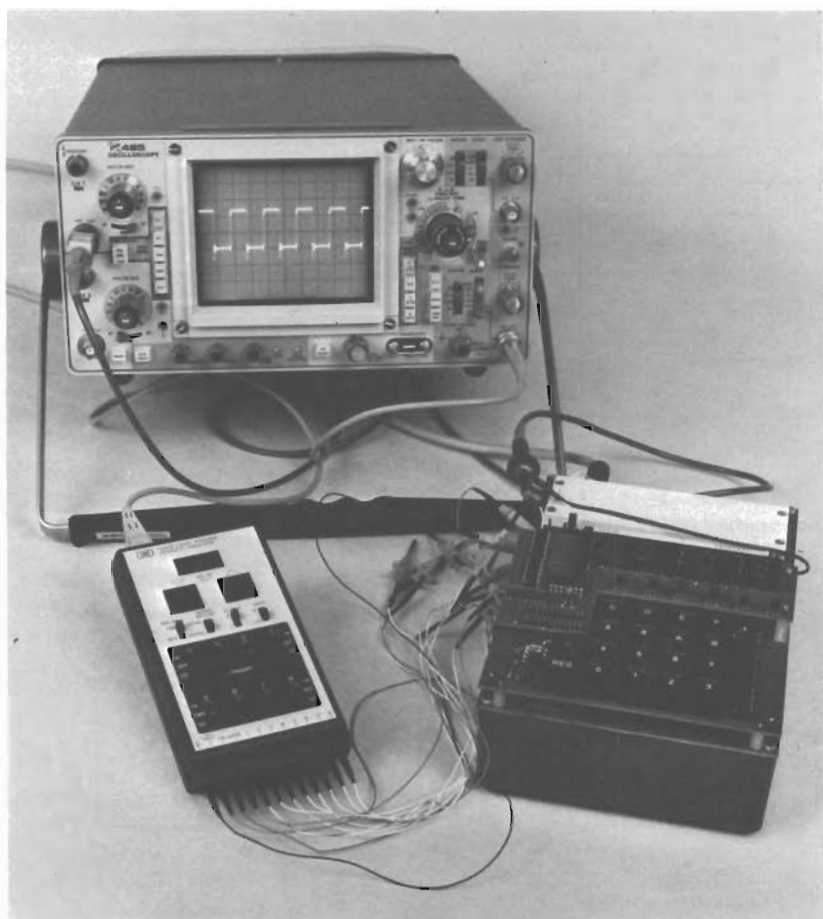


Bild 36b. Mätning på mikrodatormodul med hjälp av logiktrigg-tillsats till oscilloskop.

Tabell 10, forts.

Sync/ Async	Minimal inpuls (ns)	För- dröj- ning	Antal ingångar	Kaskad- koppling	Maximal frekvens
ja/ ja	25	ja	8+2	ja	15
ja/ ja			4+1	ja	

Ordgeneratorer

Ordgeneratorn är som framgår av namnet en "apparat" som ger ett valbart mönster av digital information i endera serie- eller parallellform.

Ordets längd (ofta 16, 32 eller 64 bitar) och mönster kan bestämmas genom omkopplare, som i regel finns på instrumentets frontpanel.

Dataformatet ("moduleringsprincipen") kan i regel väljas som RZ (Return Zero, återgång till nolla.) eller NRZ (Not Return Zero). Bild 37 får illustrera formaten.

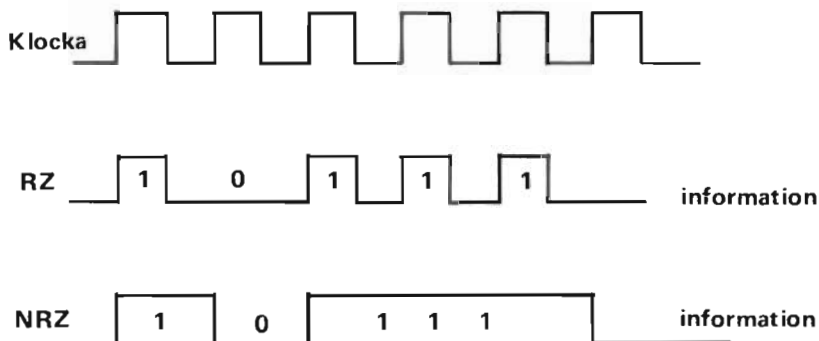


Bild 37. Dataformat, moduleringsprinciper för ordgeneratorer.

Ordgeneratoren har bl a följande användningsområden:

- Test och utveckling av digitala kretsar
- Telekommunikationssystem
- Minnen
- Skiftregister
- Modem (*Modulator/Demodulator*)
- Multiplexrar

Logik-analysatorer

Logik-analysatorn är kanske det instrument, som har betytt mest inom konstruktion, utveckling och felsökning av digitala system.

Instrumentet uppvisar nämligen egenskaper som är användbara vid utveckling och felsökning av både hård- och mjukvara.

Logik-analysatorn har ett *flertal inkanaler* — ofta upp till 16 — (och lika många probar) och möjliggör mätning i system med långa tidsföljder av digital information.

Bland de logik-analysatorer som för närvarande finns på marknaden kan man urskilja två huvudtyper:

- Logik-tid-analysatorn
- Logik-State-analysator

En logik-tid-analysator mäter ”ord” som funktion av tiden och presenterar informationen i form av ett tidsdiagram.

Instrumentet används vid mätning av:

- Tidsproblem
- Spikar (”glitches”)
- Ringning
- Stig- och falltider
- Verifiering av tidsdiagram

Den andra typen av analysator, *Logik-State-Analysator*, presenterar informationen i form av ”ord” som funktion av ”händelser”. Presentationen sker i form av nollor och ettor på oscilloskopskärmen vid binär representation eller också i oktäl eller hexadecimal kod.

Instrumentet kan med fördel användas vid studium av:

- Tillståndstabeller
- Dataflöden (t ex ett minnes(program)innehåll)

Ordet analysator är väl egentligen en felaktig benämning, eftersom instrumentet självt ej utför någon egentlig analys. Ett rättvisare men knappast bättre namn vore "data-infångare" eller "data-presentationsenhet".

Det starkt förenklade blockschemat, Bild 38, får vägleda vid fortsatt presentation av logik-analysatorn.

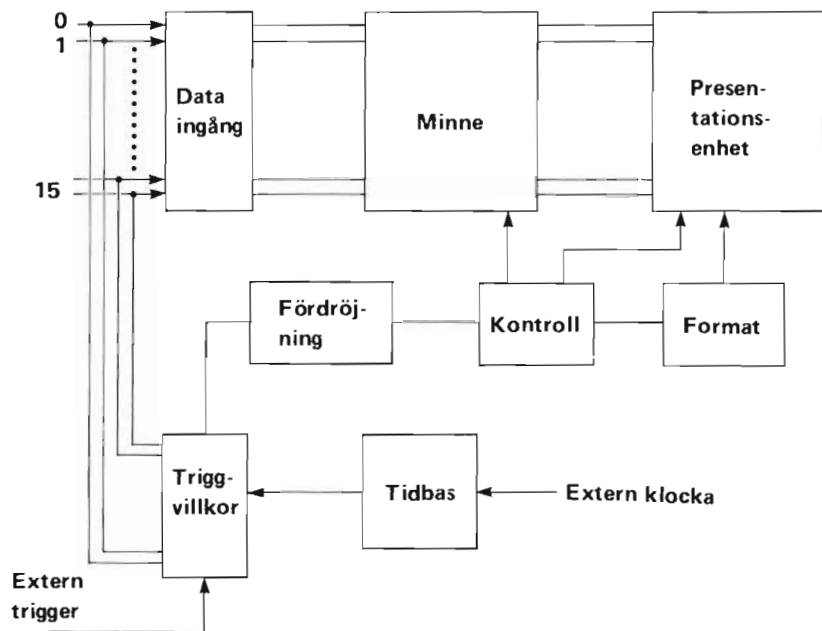


Bild 38. Blockschemat över logik-analysator.

Instrumentet är i Bild 38 försett med 16 parallella inkanaler. Informationen på dessa ledningar klockas in till internminnet av klockpulserna från det system man mäter på. Varje klockpuls klockar in ett nytt 16-bitars ord till minnet. Informationen hämtas sedan ut och presenteras på t ex ett CRT- eller TV-rör.

En egenskap som gjort analysatorerna speciellt kraftfulla är dess förmåga att känna igen (Word Recognize) ett på förhand valt triggerord och att kunna presentera sekvenser av datahändelser både före och efter referenshändelsen (triggerordet).

Presentationen av ledningarnas (kanalernas) innehåll *fördröjs* enkelt genom att man låter klocksignalen från det system man mäter på, räkna upp eller ned en räknare. Denna har en på förhand inställd fördröjningstid och avgör sålunda när presentationen skall ske. Denna funktion är speciellt användbar, då lämpligt triggerord saknas i närheten av intressant delsekvens.

En del logik-analysatorer har även utrustats med en intressant funktion som kallas *"Mapping"*. Denna funktion medger visuell presentation av t ex ett dataprogram, lagrat i ett ROM/PROM, i form av en *tillståndsgraf*. Metoden går ut på att D/A-omvandla bitgrupperna 0—7 och 8—15 och låta dessa signaler styra oscilloskopets avlänkning i horisontal och vertikal led.

Tektronix-7D01 logik-tid-analysator är utförd som instickstillrats till 7000-seriens oscilloskop. Om man kombinerar denna med en mikroprocessorbestyckad formateringsenhet DF1 eller DF2 kan informationen även presenteras i form av tillståndstabell och tillståndsgraf (Mapping).

Tillsatsen DF2 möjliggör även presentation av data direkt i ASCII- eller GPIB-kod, (*General Purpose Interface Bus = IEEE-488*). Instrumentkombinationen kan presentera informationen på totalt 7 olika sätt. Bild 39 a—c visar 3 av dessa.

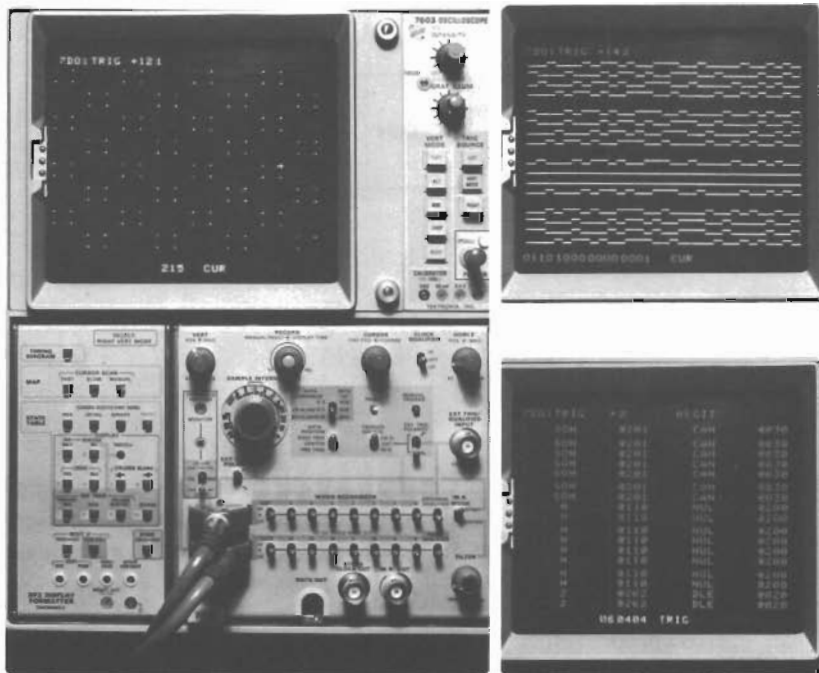


Bild 39 a—c. Tektronix-7D01/DF 1 eller 2. Tre olika sätt för data-representation.

Utvecklingen av logikanalysatorer

I takt med utvecklingen av digitala komponenter utvecklas även logikanalysatorerna och blir alltmera förfinade. Tillkomsten av mikroprocessorer och andra LSI-kretsar har i allt högre grad motiverat behovet av logikanalysatorn.

De logikanalysatorer som utvecklats efter 1976 kan sägas tillhöra den 3:e generationen och karaktäriseras av:

- mikroprocessorbestyckning
- 16—32 kanaler
- färre omkopplare
- programmerbar via knappsats, där varje tangent har flera funktioner
- inbyggd funktionskontroll (dvs självtest)

Inställning av mätfunktion sker på en del logikanalysatorer via en *Meny-teknik*. Denna teknik innebär att programmerbara parametrar indikeras på bildskärmen eller CRT i form av "vita fält" (*inverterad video*).

Hewlett-Packards 1610A utnyttjar denna Meny-teknik, och Bild 40 visar formateringen av de 32 kanalerna.



Bild 40. HP-1610A logik-analysator utnyttjar Meny-teknik. Formatering av de 32 kanalerna.



Bild 41. Tangentbordet HP-1610A.

Bild 41 visar tangentbordets utformning. De tangenter som är försedda med pilar används då markören (Cursor) skall flyttas till aktuellt "vitt fält" på bildskärmen.

Instrumentet programmeras för en vald mätfunktion, varvid man först trycker ned tangenten *Format-specification* och därefter utnyttjar *Entry*-tangenterna *Field Select []* och 0—F samt markörpilarna i viss följd för formateringen. Därefter trycks *Trace-Specification*-tangenten ned, varvid triggerord eller sekventiell triggerkombination kan specificeras.

Analysatorn aktiveras eller startar insamling av data då *Trace*-tangenten trycks ned.

Analysatorns probar kan anslutas till en allmän probanslutning, och via förlängningskort eller speciell anpassningsenhet kan instrumentet skräddarsys för vissa tillämpningar.

Bild 42 visar hur text HP-1610A kan anslutas för felsökning i en minidator.

Biomations K100-D, Bild 43 utnyttjar även en form av Meny-teknik. Här behöver dock de vita fälten ej genomlöpa någon särskild sekvens, utan de kan nås direkt, eftersom varje programmerbar funktion har sin speciella tangent. Analysatorn har ett minnesdjup om 1024 bitar för vardera av de 16 kanalerna, och via en intern klocka möjliggörs mätningar upp till 100 MHz.

Genom tillägg i form av en probanslutning utökas analysatorn till 32 kanaler, vilket möjliggör studium av 16 bitars mikroprocessorer.

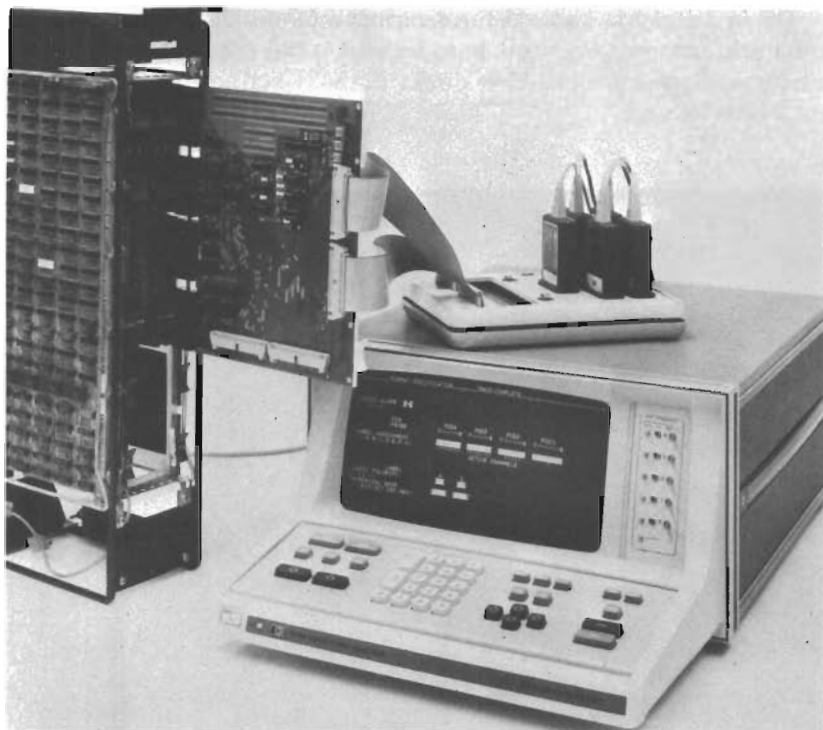


Bild 42. Mätning med HP-1610A logik-analysator på minidator.



Bild 43. Logikanalysator Biomation K 100—D.

De 16 kanalerna kan vid formateringen numreras i godtycklig ordning och kan grupperas som hexadecimal, oktal eller binär kod. Dessutom möjliggörs presentation direkt i ASCII-kod genom bildande av en 7-bitars grupp.

DATA A	SPCL	CLOCK	10	nSEC	DELAY	500 CLOCKS
C	491	1 0 0 0	1 1 0 1	HT	1	
	492	1 1 0 0	0 1 1 0	EOT	1	
	493	1 0 1 0	0 1 1 0	SI	1	
	494	1 0 1 0	0 1 1 1	CAN	0	
	495	1 0 1 0	0 1 1 0	BEL	0	
	496	1 0 1 0	0 1 1 1	SI	1	
	497	0 0 0 0	1 0 0 1	-	0	
	498	0 0 1 0	0 1 1 0	<Z>	0	
	499	1 0 0 0	1 1 0 1	ACK	1	
T	500	0 0 1 0	0 1 1 0	<H>	0	
	501	0 0 1 1	1 0 0 1	<G>	0	
	502	0 0 0 0	1 0 0 1	ENG	1	
	503	1 1 0 1	1 1 1 1	SO	0	
	504	1 0 0 0	0 1 1 0	<D>	0	
	505	1 0 0 1	0 1 1 1	SI	0	
	506	0 0 1 1	1 0 0 1	C	0	
	507	0 1 0 0	0 0 0 0	<O>	0	
	508	0 0 0 1	1 1 0 0	↑	1	
R	509	1 1 1 1	0 1 0 0	@	1	
	510	1 1 0 1	1 1 1 1	SO	0	

RDY T: 500 C< 491> R< 509> R-C = +18(0.18µS)

Bild 44. Presentation av ASCII-kod på Biomation K 100—D.

Logikanalysator för mikroprocessorer

I detta avsnitt skall vi studera några av de logikanalysatorer som utvecklats speciellt med tanke på mikroprocessorbaserade utrustningar.

Paratronic modell 100A i kombination med "Trigger-Expander" modell 10, Bild 45, är avsedd för studium av 8 bitledning.

Analysatorn saknar egen indikatorerhet men kan enkelt kopplas till ett oscilloskop.

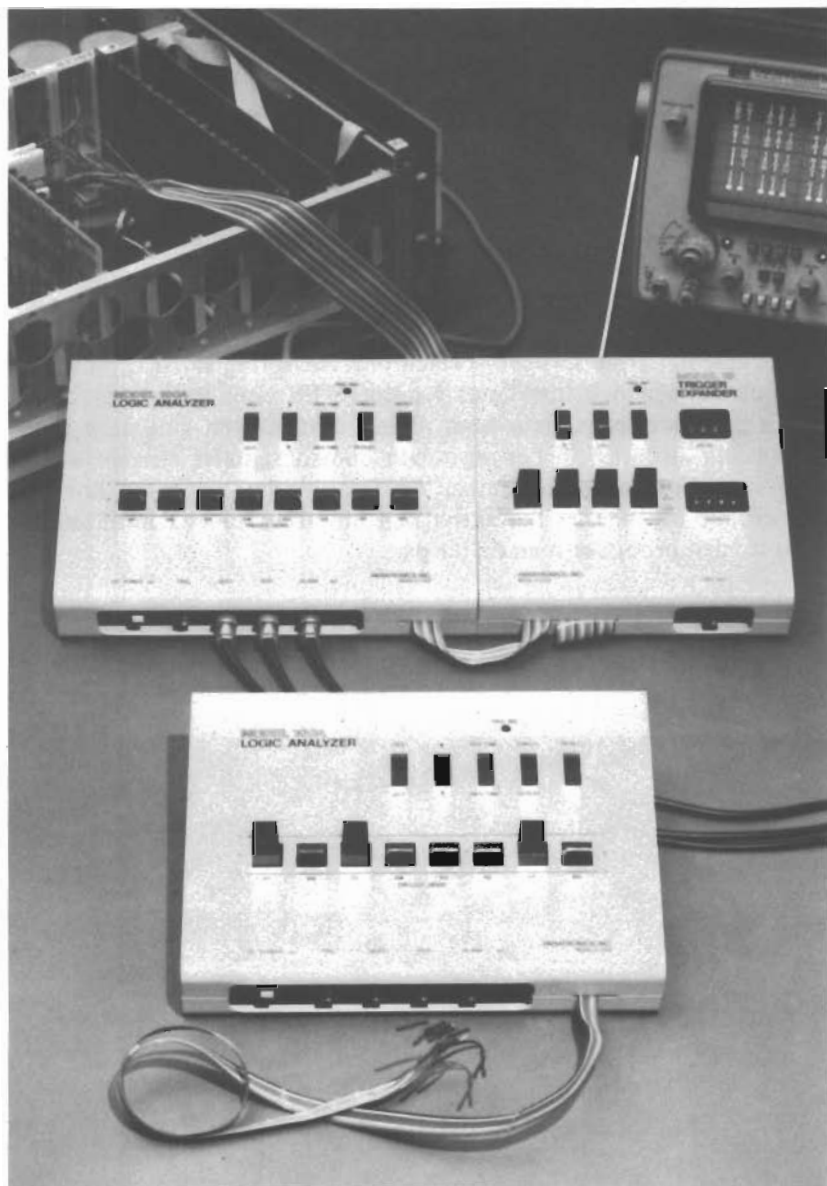


Bild 45. Paratronic 100A logik-analysator för mikroprocessorer.

Med hjälp av "Trigger-Expander" 10 kan en 16 bitars triggeradress väljas direkt i hexadecimal kod via tumhjulskomplare.

Hewlett-Packards Logic State Analyzer 1611A kan erhållas i olika utföranden beroende på vald mikroprocessortyp. Modifieringssatser finns för de flesta processortyper på marknaden (M6800, I8080, F—8, Z80 etc).

Analysatorn är försedd med en *Re-assembler*, vilken är hårdvaruinförd i ett ROM. Detta ger programlistning direkt i *Mnemonics*, dvs processorns *Assembler*-språk.

Bild 46 visar listningen av ett program för Intel 8080 med början av adress 01F0₁₆.

Instrumentet ansluts via en speciell processorprob. Först demonteras mikroprocessorn och installeras i proben. Därefter ansluts probkontakten på processorns plats. Som tillbehör finns även en extern prob. Denna kan anslutas till t ex styr- och kontrollsignaler eller in/utportar för studium av deras status. Analysatorn har även två komplementerande utgångar, vilka aktivt kan utnyttjas för t ex initiering av avbrott i den processor man mäter på.



Bild 46. HP-1611A Logikanalysator, listning av ett program för Intel 8080.

Tabell 11. Marknadsöversikt Logikanalysatorer.

Fabrikat och Modell	Antal kanaler	Max frekvens	Minneskapacitet	Två minnen	Typ av display	Presentation				
						Tid	Hex	Oct	Bin	Map
Biomation 851-D	8	50 MHz	8x512	nej	saknas	ja	nej	nej	nej	nej
Biomation 1650D-116	16	50 MHz	16x512	ja	saknas	ja	ja	ja	ja	ja
Biomation 920-D	8	20 MHz	8x248	nej	saknas	ja	nej	nej	nej	nej
Biomation K100-D	16/32	100 MHz	16x1024	ja	CRT	ja	ja	ja	ja	nej
Dolch LM216-10/LA16100SL	16	20 MHz	16x1024	ja	CRT	ja	ja	ja	ja	nej
Dolch LA820	8	10 MHz	8x256	nej	saknas	ja	nej	nej	nej	nej
Dolch LA1620SL	16	20 MHz	16x256	nej	saknas	ja	nej	nej	nej	nej
E-H Research 1330	8	20 MHz	8x1000		CRT	ja	ja	ja	ja	nej
HP-1600A	16	20 MHz	16x16	ja	CRT	nej	nej	nej	ja	ja
HP-1607A	16	20 MHz	16x16	nej	saknas	nej	nej	nej	ja	nej
HP-1602A	16	10 MHz	16x64	nej	siffer	nej	ja	ja	ja	nej
HP-1610A	32	10 MHz	32x64	ja	CRT	nej	ja	ja	ja	graph
HP-1615A	24	20 MHz	24x256		CRT	ja	ja	ja	ja	
Paratronic 100A/10A	24	10 MHz	24x16	nej	saknas	nej	nej	ja	ja	nej
Paratronic 532A/B	32	5(12) MHz	32x250	nej	siffer	nej	ja	ja	ja	nej
Paratronic 15D	24	8 MHz	16x16	nej	led	nej	nej	nej	ja	nej
Tektronix LA501W	16	20 MHz	16x256	nej	saknas	ja	nej	nej	nej	nej
Tektronix 7D01/7DF2 7603	16	25 MHz	16x256	ja	CRT	ja	ja	ja	ja	ja
Tektronix DL503* LATCH										

Tabell 11, forts.,

Fabrikat och Modell	Cursor	Ingångs Impedans	Probes		Dim mm			Vikt kg	Pris ca
			BNC	PACK	H	B	D		
Biomation 851-D	ja	1 M Ω /10pF	ja	ja	132	324	483	11,3	
Biomation 1650D-116	ja	1 M Ω /10pF	ja	ja	210	430	483	19,4	34 325:–
Biomation 920-D	nej	1 M Ω /20pF	ja	ja	152	267	458	4,3	
Biomation K100-D	ja	1 M Ω /5pF	nej	ja	218	445	545	19,5	50 000:–
Dolch LM216-10/LA16100SL	nej	1 M Ω /20pF	ja	nej					43 900:–
Dolch LA820	nej	1 M Ω /20pF	ja	nej	67	209	220	2,3	2 950:–
Dolch LA1620SL	nej	1 M Ω /20pF	ja	nej					18 450:–
E-H Research 1330	ja	1M Ω /12pF	ja	nej	168	457	546	20,7	35 000:–
HP-1600A	nej	40 k Ω /14pF	nej	ja	197	335	540	12,7	24 500:–
HP-1607A	nej	40 k Ω /14pF	nej	ja	121	284	461	6,4	16 800:–
HP-1602A	nej		nej	ja	107	275	421	4,5	10 450:–
HP-1610A	ja	50 k Ω /14pF	nej	ja	230	425	752	26,5	55 100:–
HP-1615A	ja	50 k Ω /14pF	nej	ja	189	426	664	19,1	38 500:–
Paratronic 100A/10A	nej	360 μ A	nej	ja				3,7	4 365:–
Paratronic 532A/B	nej	50 k Ω /15pF	nej	ja	90	305	350	3,7	13 230:–
Paratronic 15D	nej	400 μ A	ja	ja				1	3 230:–
Tektronix LA501W	nej	1 M Ω /5pF	ja	ja	125	201	300	3	30 000:–
Tektronix 7D01/7DF2 7603	ja	1 M Ω /5pF	nej	ja	290	221	610	16	42 000:–
Tektronix DL503* LATCH									

Egenskaper för en allmän logikanalysator

De egenskaper en kraftfull logikanalysator bör ha, kan sammanfattas enligt följande:

- Flerkanalig (8 — 16 — 32 bitar)
- Dataregistrering (Trigger, Delay)
- Internminne
- "Negativ" tid
- Användbar för olika logikfamiljer
- Kvalificerad presentation och trigger (upplösning)
- Olika dataformat (hexadecimal, oktaltal och binär)
- Kombinationstrigger (Combinatorial)
- Sekventiell trigger (villkor)
- Intern/Extern klocka
- Mapping funktion (se sid 74)
- Time/State funktion
- Sond-pod (flerkanalig)
- "Händelse-trigger"
- Mätning av tid mellan händelser
- Inbyggd funktionskontroll (självtest)
- Enkelt handhavande

Digital felsökning med logikanalysator

Vilka tillämpningar har då logikanalysatorn och hur används den?

Digitala system och apparater, vilka karaktäriseras av flertalet styr- och kontrollsignaler samt data kan med fördel analyseras med hjälp av logikanalysator.

Valet av analysator beror av bl a feltyp och komplexitet hos det system eller apparat man mäter på. Både tid- och State-analysatorer har självfallet sitt berättigande. Ofta krävs båda typerna.

Ett försök till listning av några tillämpningsområden är:

- Digitala sekvensmaskiner
- Datorer/Processorer
- Kringutrustningar
- Anpassningsenheter
- Mätinstrument

En tid-analysator kan med fördel användas vid studium av tidsproblem och för verifiering och mätning av inbördes tidsförhållanden mellan styr- och kontrollsignaler i ett system (t ex handskakningsförloppet i ett I/O-snitt).

State-analysatorn används lämpligen vid felsökning och kontroll av programvaran i ett system.

Om man använder serie-parallell-omvandlare, kan även seriekommunikation studeras.

För att belysa några av de problem man ställs inför vid användandet av logikanalysatorer skall vi studera några tillämpningsexempel.

TILLÄMPNINGSEXEMPEL 1

En "skräddarsydd" digital algoritmisk¹ sekvensmaskin har följande uppbyggnad:

En adressbuss med 5 bitledningar, en databuss med 8 bitledningar, 3 bitledningar för styrsignaler och 4 bitledningar för statussignaler.

För dataledningarna gäller negativ logik. Maskinens *assembler* översätter och listar programmet med oktala adresser och hexadecimala data. Alla bitledningar är TTL-kompatibla och är stabila på klockans bakre flank.

Problem: Hur kopplas logikanalysatorn in för att samla information från maskinen?

Lösning: För att samtidigt presentera både adresser och data på logikanalysatorns presentationsenhet erfordras totalt 13 bitledningar (eller kanaler). Dessutom är det självfallet en fördel om logikanalysatorn kan presentera adresser och data enligt oktala respektive hexadecimal kod. Logikanalysatorns klockningång kopplas för negativ flank. Tröskelnivån för kanalerna sätts i läge TTL, och "Word-Recognizer" (se sid 73) sätts för lämplig startpunkt i programmet.

Om vi väljer att presentera programlistning från adress 20₈ kan vi t ex erhålla följande:

<i>Adr</i>	<i>Data</i>
20	26
21	F2
22	6A
23	6B
31	24

TILLÄMPNINGSEXEMPEL 2

Funktionen hos en anpassningsenhet skall verifieras genom studium av dess tidsdiagram med hjälp av en logikanalysator.

Tidsdiagrammet finns illustrerat i tillverkarens manual i form av 8 parallella signaler. Av logiknivåerna är 6 TTL-kompatibla och de återstående 2 av typ CMOS med + 15 V drivspänning.

¹ Algoritm = uppsättning av väldefinierade regler för lösning av ett problem i ett ändligt antal steg (SIS).

Problem: Hur ansluts och formateras logikanalysatorn för mätuppgiften.

Lösning: Eftersom vi skall studera ett tidsdiagram måste vi här använda en logik-tid-analysator. Denna bör ha variabel tröskelspänning på några av kanalerna för att möjliggöra direktanslutning. Välj t ex intern klocka och lämplig upplösning samt triggerpunkt enligt manualen. Om vi väljer triggerkombinationen $(10011001)_2$ och startar presentationen i centrum på indikatorskärmen kan t ex ett resultat enligt Bild 47 erhållas.

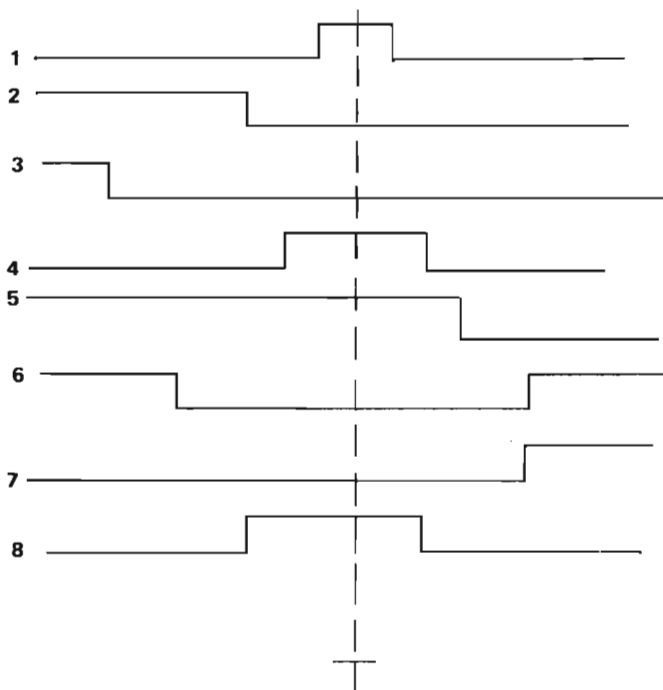


Bild 47. Formatering av logikanalysatorn i tillämpningsexempel 2.

En del av logikanalysatorerna på marknaden är försedda med sekventiell triggerfunktion och "händelse-trigger-räknare". Dessa triggergenskaper gör det t ex möjligt att studera delar av programvaran, där samma subrutin ofta förekommer på olika ställen i programmet. Sekventiell triggerfunktion innebär, att flera på varandra följande triggerord måste inträffa, för att data skall registreras.

Tillämpningsexempel 3 får åskådliggöra dessa triggeregenskaper.

TILLÄMPNINGSEXEMPEL 3

Innehållet i en 8 bitars in/ut-port i ett mikrodatorsystem, skall studeras då en *subrutin* (underprogram) genomlöpts ett bestämt antal gånger. Programflödet och subrutinen i form av flera räkneslingor (engelska nested loops), illustreras i Bild 48.

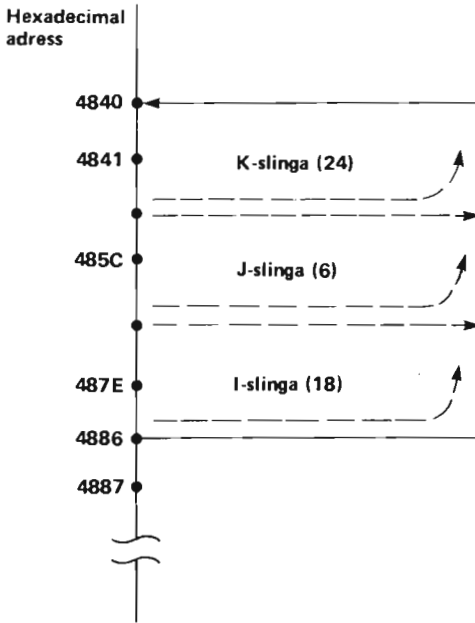


Bild 48. Programflöde och subrutin.

Problem: Hur presenteras innehållet i in/ut-porten då slingorna genomlöpts följande antal gånger?

K-slingan 12 ggr
J-slingan 3 ggr
I-slingan 9 ggr

Lösning: Anslut analysatorns probar till adress- och databitar. Använd systemets egen klocka. Ställ upp följande triggerkombinationer.

	Adress	Data	"Händelseräknare" DEC
Sekvens	487E	XX	9
	485C	XX	3
Start	4841	XX	12

”In-circuit-emulation”-testare

Det som karaktäriserar de logikanalysatorer vi hittills studerat är att de är ”passiva” i den mening att de ej direkt kan påverka mätobjektets funktion.

På senare tid har det emellertid utvecklats en rad mindre bärbara *aktiva* analysatorer. Dessa kan på den tekniska rangskalan av analysatorer placeras någonstans mellan logikanalysatorn och utvecklings-system för mikrodatorer. Gemensamt för denna typ av analysatorer är att de bygger på *In-Circuit-Emulation*-tekniken (ICE). Denna innebär att analysatorn är så utformad att den kan ersätta, efterlikna (emulera) processorn i det system man mäter på. Instrumentet skall medge körning i full hastighet och därtill olika former av korta körsekvenser, lämpliga för felsökning (engelska debugging).

Millennium μ SA (*micro-system-analyzer*), Bild 49, utnyttjar både *signature analysis* och ICE-tekniken.

Genom att ersätta mikroprocessorn i det system som skall analyseras och istället utnyttja den processor — av motsvarande typ — som finns i analysatorn, kan man med dess hjälp utföra olika systemoperationer. Mikroprocessorn i analysatorn kan utnyttja systemets program och minne.

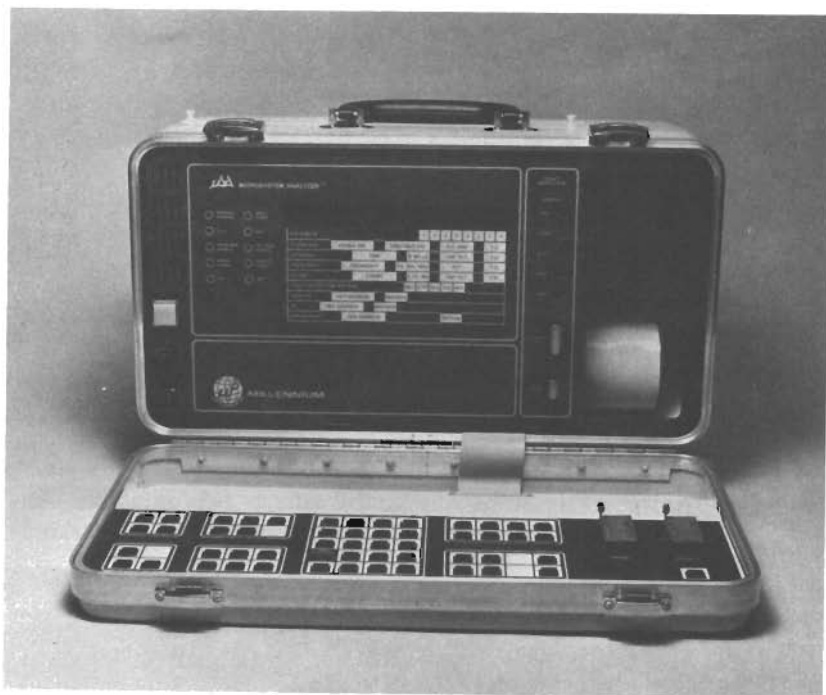


Bild 49. Millennium SA ICE-testare.

Med hjälp av tangentbordet i analysatorns (väskans) lock kan följande funktioner utföras:

- Starta och stoppa programmet
- Ladda programmet
- Stega fram programinstruktioner
- Sätta brytpunkter i programmet
- Presentera programinnehåll på analysatorns sifferindikatorer
- Presentera minnes- och in/ut-värden
- Presentera CPU-register

Testprogram i PROM kan monteras i två IC-hållare i analysatorns tangentbord. Testprogrammen, som tex kan utvecklas i samband med konstruktion av systemet, kan även kombineras med *signaturanalys* och ge meddelanden till analysatorns användare om signaturer i olika skeden, då testprogrammet körs.

Analysatorn har ett utbytbar processorkort, vilket gör det möjligt att skraddarsy instrumentet för olika processortyper.

Signatur-analysatorer

Ett instrument som har revolutionerat felsökningsfilosofin p g a sin enkelhet är "signaturanalysatorn".

Principen för denna bygger på PRBS-generatorteknik eller CRC. Om man under ett på förhand bestämt tidsintervall klockar in data till ett återkopplat skiftregister och avkodar dess innehåll, skapas en "signatur" vid det aktuella tidsintervallet.

Metoden kan jämföras med den teknik som används vid traditionell felsökning i analoga utrustningar. Bild 50. I den övre delen av bilden framgår hur signaler i en analog apparat kan verifieras med hjälp av ett oscilloskop. Den undre delen av bilden visar var och vilka signaturer som är aktuella då ett mikrodatorsystem genomlöper ett testprogram. Dessa signaturer, vilka presenteras som ett fyra siffrors hexadecimalt tal, kan även vara tryckta direkt på kretskortet, vilket underlättar felsökningsarbetet.

En av de metoder som tidigare använts vid digital felsökning på komponentnivå är "omslags-räknetoden" (Transition-Counting), dvs man räknar det antal omslag $0 \rightarrow 1$ och $1 \rightarrow 0$ som gäller vid en mät-punkt under en viss tid. Denna metod har dock vissa begränsningar. Tex ger metoden rätt antal omslag, men de kan komma "fel i tiden". Den kräver förutom extern inmatning även ett ganska stort antal omslag.

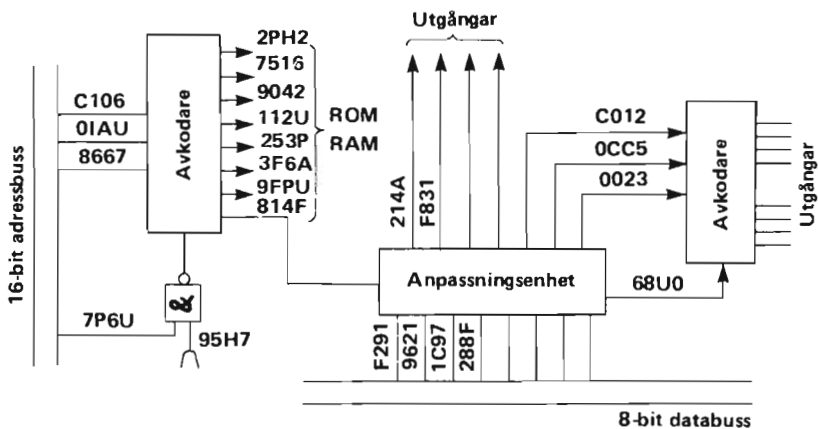
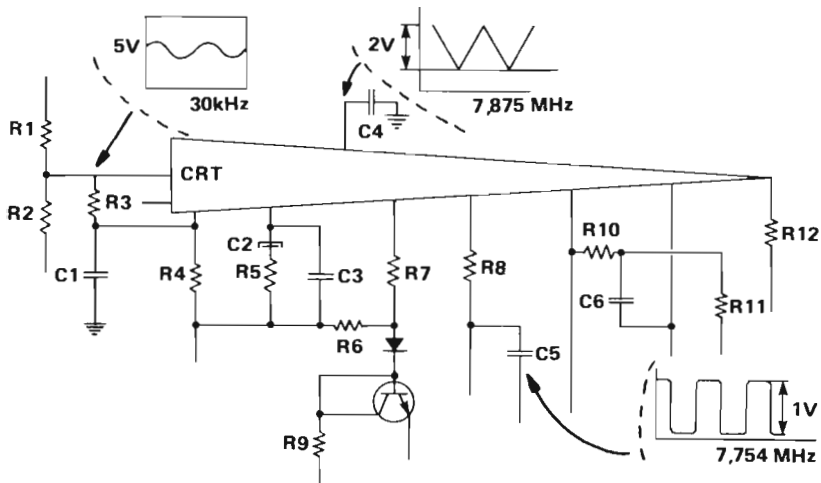


Bild 50. Analogin mellan analog felsökning och signaturanalys
 a. Mätning med oscilloskop.
 b. Mätning med signaturanalysator i ett mikrodatorsystem.

Signaturanalysatorn kräver också inmatning men här utnyttjar man den matning som mätobjektet i drift ger.

Mätningar med signaturanalysatorn kräver att mätobjektet är förberett för tekniken. Testbyglar och omkopplare måste finnas tillgängliga, så att återkopplingslingor kan brytas upp.

Dokumentationen, dvs servicemanualen skall också ange anslutningspunkter för start — stopp och klocka samt ange signaturer för olika mätpunkter.

I Hewlett-Packards signaturanalysator HP-5004A har man valt återkopplingsekvationen:

$$X^{16} + X^{12} + X^9 + X^7 + 1$$

vilken motsvarar det karaktäristiska generatorpolynomet

$$P(X) = X^{16} + X^9 + X^7 + X^4 + 1$$

Det linjära återkopplade skiftregistret visas i Bild 51.

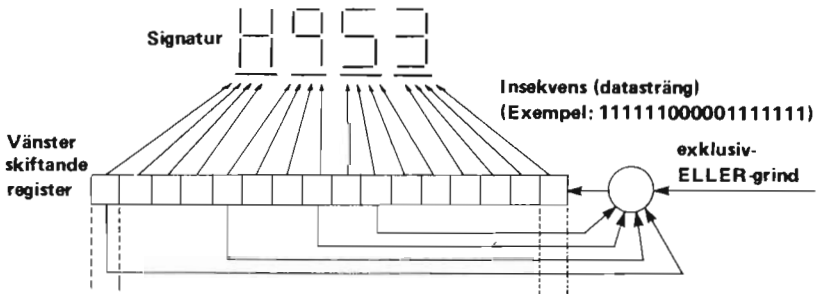


Bild 51. HP-5004 A signaturanalysator. Linjärt återkopplat skiftregister.

Serieanalysatorer

Vi har hittills behandlat analysatorer, vilka huvudsakligen är konstruerade för att samtidigt registrera aktiviteten på flera parallella ledare. Vid felsökning i apparater och system där informationen överförs i serieform, som ofta är fallet vid t ex informationsbyte mellan en dator och en långsamt arbetande kringutrustning, kan vi utnyttja *serieanalysatorn*. Denna är speciellt utvecklad för studium och felsökning av t ex:

- terminaler
- radskrivare
- magnetiska registrerande minnen (skiv- och bandminnen)
- skiftregisterminnen
- digitala kommunikationssystem
- modem
- seriella anpassningsenheter i datorer

Instrumentet som innehåller både en sändar- och mottagardel gör det möjligt att simulera funktionen hos en dator, modem eller terminal, DTE (engelska *Data Terminal Equipment*).

Serieanalysatorn är oftast mikroprocessorbestyckad och innehåller minnen för lagring av program och testsekvenser. Instrumenten kan erhållas i olika utföranden beroende på komplexitetsgrad. Det som främst skiljer i utförande är t ex typ av indikator (LED eller CRT), minneskapacitet (tecken), programmerbara funktioner, triggeregenskaper, gränssnitt och Protocol.

Ett av dessa instrument, Tektronix-832, Bild 52 är en fältmässig serieanalysator för simulering eller presentation av dataflöde i data-transmissionssystem.

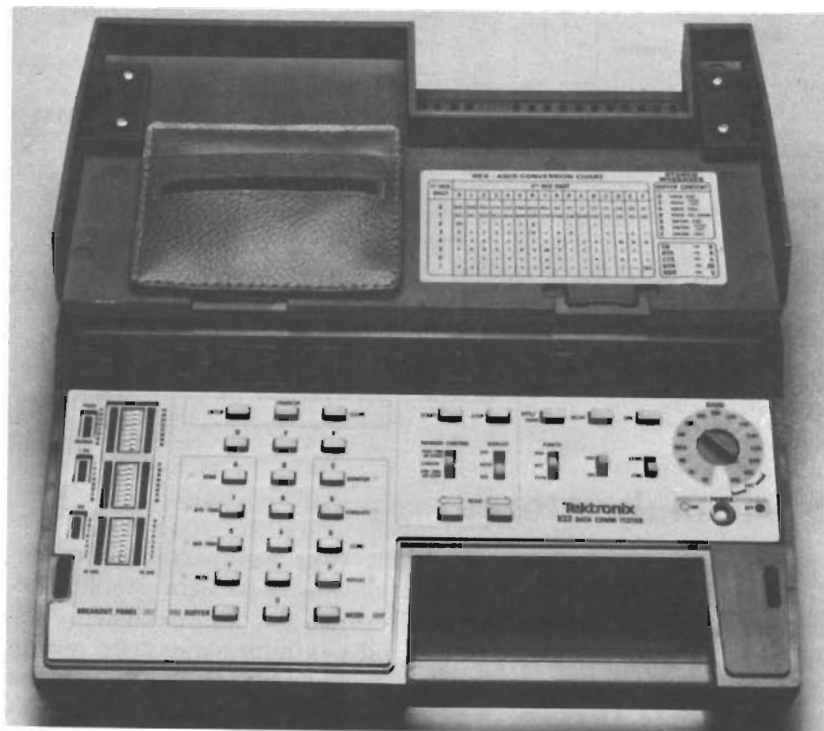


Bild 52. Tektronix-832 Serieanalysator.

Analysatorn har 5 sifferindikatorer för presentation av adress och innehåll för 256 tecken.

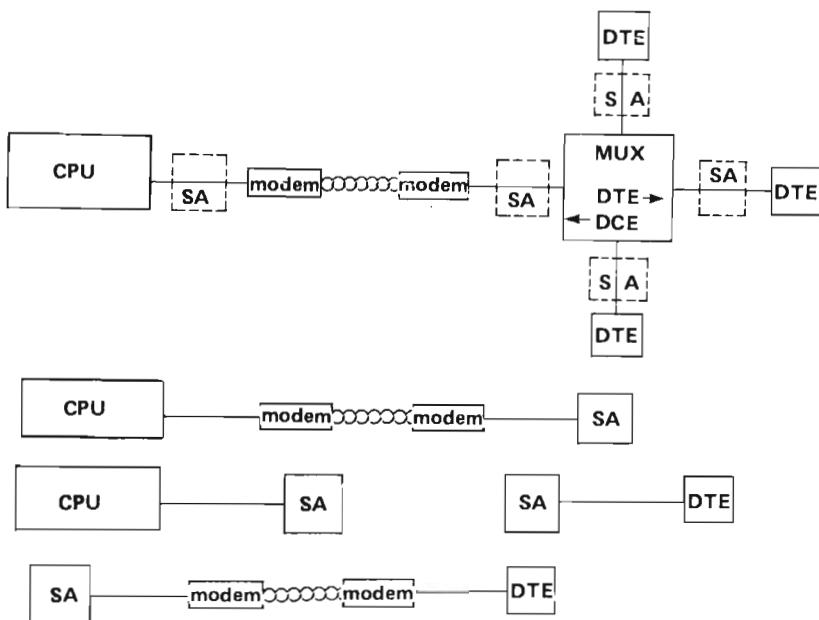
Testprogram i ROM/PROM kan köras och via signalsnittet påverka t ex en:

- dator
- terminal
- anpassningsenhet

Instrumentet kan användas för verifiering och felsökning av:

- potential
- paritet och ordningsföljd
- datornät eller terminalklungor

Bild 53 visar var i kommunikationskedjan serieanalysatorn kan anslutas.



MUX = Multiplexer

SA = Serie Analysator

CPU = Central Processing Unit = Central processor

DCE = Data Communications Equipment = Datakommunikationsutrustning

DTE = Data Terminal Equipment = Dataterminal

Bild 53. Anslutningspunkter av serieanalysatorer i datakommunikationsutrustningar.

Tabell 12. Marknadsöversikt Serieanalysatorer.

<i>Fabrikat och modell</i>	<i>Dataöverf.-hastighet [BAUD] asyncon</i>	<i>Indikator-typ</i>	<i>Programminne Utbuffer [tecken]</i>	<i>Fångstminne [tecken]</i>	<i>Protocols</i>	<i>Trigger</i>	<i>Programsätt</i>	<i>Programinstr.</i>
Tektronix – 832	50– 9600	5 LED – – 7-segm. + 19 LED ind.	256	256	ASYNC (HDLC) (opt.)	3 tecken sekvens	Tangent- bord	macro- instr.
HP 1640	50–19200	CRT + 11 LED	1024	2048	SDLC HDLC	8 tecken sekvens – tecken – tidintervall – datafel	Tangent- bord stift- matris	macro- instr.
Halcyon μ Fox–803A	50–19200	CRT + 21 LED 3-state	1024– (5120)	4096 (8192)	ASYNC BISYNC (SDLC) (HDLC) X–25		Tangent- bord	exp. macro- instr.
Spectron D–502	50– 9600	CRT + 23 LED	1200	4096	BISYNC SDLC HDLC	1 tecken 10 tecken strängar	Tangent- bord	20 macro- instr.

Tabell 12 forts.,

<i>Fabrikat och modell</i>	<i>Standard-meddelanden</i>	<i>Koder</i>	<i>Kontroll Tecken Block</i>	<i>Anpassning</i>	<i>Testpunkt</i>	<i>Vikt [kg]</i>	<i>Storlek w×h×l [cm]</i>	<i>Prisca</i>
Tektronix -- -- 832	PROM	ASCII	udda -- jämt -- ingen paritet	RS-232C el. 20 mA CL		5	33x10x31	10 000:--
HP 1640	PROM	ASCII HEX EBCDIC	(BCC) (LRC-8) (CRC-16) (CRC-CCITT)	RS-232C el. 20 mA CL		11,4	25,1x33,5x54,6	32 000:--
Halcyon μFox-803A	PROM FOX ASCII FOX BAUDOT EBCDIC SELECTRIC	ASCII EBCDIC BAUDOT SELECTRIC 2740/41	VRC LRC CRCC-16 CCITT-16	RS-232C el. 20/60 mA CL	21	13,6	33x19x49,5	70 000:--
Spectron D-502	-	ASCII EBCDIC BAUDOT	VRC LRC	RS-232C V 35	Matris	11	43,2x13,3x41	76 860:--

Repetitionsfrågor till kapitlet

1. Ange några olika typer av instrument för digital felsökning.
2. Ange några för- och nackdelar med strömproben (current-tracer).
3. Hur och till vad utnyttjas en logik-triggillsats?
4. Vad är en ordgenerator?
5. Ange de två huvudtyper av logik-analysatorer som finns.
6. Vad menas med *Mapping*?
7. Vad menas med *In-Circuit-Emulation*?
8. Ange principen för signatur-analysatorn.
9. Vad menas med "signatur"?
10. Vad menas med omslags-räknarmetoden (Transition-Counting) och hur fungerar denna?
11. Vilka krav ställs på hårdvaran och hur bör dokumentationen se ut vid felsökning med signatur-analysatorn?
12. Ange några användningsområden för serieanalysatorn!

Mer att läsa

Hewlett-Packard: "Techniques of Digital Troubleshooting", Appl Note 163—1, juli 1973.

Hewlett-Packard: "Signature-Analysis", H-P Journal, maj 1977.

Hewlett-Packard: "A Designers Guide to Signature Analysis", Appl Note 222. April 1977.

Electronics, 3 mars, 1977: "Hexadecimal signatures identify trouble-spots in microprocessor systems".

Computer Design, februari 1976: "Tools for Logic Analysis".

Business Week, 22 maj, 1978: "Diagnosing Electronic ills in the field".

Electronic Business, juli 1978: "Field Service: Microprocessors force major shifts in strategy".

Electronics, 11 maj, 1978: "Processor-based tester goes on site to isolate board faults automatically".

Electronics, juni 1978: "Data-Link Control chips bringing order to data Protocols".

IEC Technical Committee, No 66: "Standard interface systems for programmable measuring apparatus".

Hewlett Packard: Hewlett-Packard Interface Bus Users Guide.

SIS Handbok 142: Dataordboken, oktober 1977.

Ingenjör förlaget: Engelsk-svensk elteknisk ordbok, juli 1978.

Sakordlista

- Algoritm 85
- Analogi-mätning 90
- Analysator, aktiv 88
- ASCII-kod 48—50
- Assembler-språk 80
- Asynkron kommunikation 51
- Avbrott 14, 24
- Avslutning av ledare 38

- Baud 42
- Bitar 41
- Bitserieöverföring 48
- Bondningsfel 14, 15
- Botemedel mot:
 - elektromagnetisk strålning 35
 - kapacitivt kopp-
lade störningar 32
 - Strömspikar 35
 - Störspänningar 34
- Bussar 44
- Byte 41

- CRC (cyklisk redun-
dans-kontroll) 54
- Current-Tracer 21, 65

- Datakommunikation 41
- Diskreta delar 7

- ELLER-grind 67
- Entry-tangent 76

- Externa fel 13, 14

- Field Select 76
- Format-specification 76
- Fördröjning 74

- ”Gafflar” 36
- Galvanisk koppling 29
- Generation, 3:e 75
- ”Glitches” 72
- GPIO-kod 74
- Grindar (trådad) 20

- ”Handskakning” 44—47
- Hazard 21
- Högfrekvent strålning 29

- IC 7
- IC-chip (hälvlederbricka) 15
- IEEE 488 44—45
- In-Circuit-Emulation 9
- Induktiv koppling 29, 33
- Ingång 15
- Inkanal 72
- Interna fel 13
- Inverterad video 75

- Jordplan enligt TTL 36

- Kapacitiv koppling 29, 31

- Kapplöpning 21
- Kapselklämma 22
- Karaktäristiska generatortopolynomet 55
- Katastroffel 16
- Koaxialkabel 39
- Kombinatoriska kretsar 10
- Komparator 22
- Komparatormetoden 11
- Komponenter 7
- Komponentnivå 11
- Komplexitetsgrad 8
- Kopplingspunkt 10
- Kortslutning 13, 16
- Kritiska punkter 9

- Logikanalysatorer: 78—80
 - allm. egenskaper 84
 - digital felsökning 84
 - formatering 75—76
 - marknadsöversikt 81—83
- Logikfamiljer 7
- Logikklämmor 64
- Logik-komparator 22, 67—68
- Logik-komponenters funktion 67
- Logikprobar 59—62
- Logik-State-Analysator 72, 73
- Logik-trigg-tillsatser 68
- Logiska sving 29
- LSI 8

- Manual 22
- Mapping 74
- Masterkrets 11, 67
- Meny-teknik 75
- Mikrodatorsystem 44
- Mnemonics 80
- Moduleringsprincipen 71

- Modulator-Demulator 43
- Montering, tillfällig 26
- MSI 8
- Mätning med logikprob och signalinjektor 23

- Nested loops 87
- Nibble 42
- Nät, synkrona 39
- Nätfilter 38

- Oktad 42
- Okulärbesiktning 25
- Omslagsräknarmetoden 89
- Ord 41
- Ordgenerator 12, 71
- Ord, serieöverföring 48

- Parledning 34
- Paritet, vertikal och horisontell 53
- Paritetsbit, jämn och udda 53
- Piggy-backning 25
- PRBS-generator (Pseudo-random Binary Sequence-Generator) 54
- Programflöde 87
- Protocol 55—56
- Pulsförhållanden 59
- Pulser 59
- Pulsgivare 63
- Pulsminne 59

- Re-assembler 80
- Redundant 58
- Referenshändelse 73

- Reflexioner 38
- Samlingsskenor 37
- Sanningstabell 17
- Sekvens 9
- Sekvenskretsar 10
- Serieanalyser 91—93
 - marknadsöversikt 94—95
- Signalnivå 12
- Signalslinga 19
- Signaturanalys 88, 89
- SSI 8
- Starbit 51
- Statiska signaler 64
- Statiska fel 12—13
- Statisk störmarginal 30
- Stoppbitar 51
- Strömspikar 34
- Strömändringar 34
- Strömprob 21, 66
- Styrfel 18
- Störningar 29
- Subrutin 87
- Synkronöverföring 52
- Systemjordpunkt 38, 39
- Systemnivå 11
- Tangentbord 76
- Tecken 42
- Teletransmission 43
- Tidpunkt 10
- Tillståndsgraf 74
- Totempåleutgång 35
- Trace-tangent 76
- Transition-Counting 89
- Trigger-Expander 78
- Trigger-ord 73
- TTY 51
- Utgång 14
- Vippor, monostabila 39
- Vita fält 75
- VLSI 8
- Word Recognize 73
- Överföring, parallell 43
- Överföring, serie 43
- Överhörning 38

Mäter analogt / digitalt



BIOMATION DTO-1

Ett helt mikroprocessorbaserat system i ett enda instrument!

Några av möjligheterna:
go/no-go jämförelseprov, logikanalysator och minnesoscilloskop.

Instrumentet erbjuder en mängd tillämpningar vid konstruktion, provning, felsökning och underhåll av digitala utrustningar. Både analoga och digitala signaler registreras. Provningsprogram lagrade på magnetband användes för automatisk jämförelsetestning.

Några data:

högsta samplingsfrekvens 100 MHz — "self-learn" — programmering — 4 eller 16 k minne — pretrigger.

Biomation Logikanalysatorer

Från Biomation kan Du få en logikanalysator från 8.000:—. Du kan också välja inspelningstakt från 5 ns/sample.

Modell	Max. samplingsfrekvens MHz	Kanaler	Minnesdjup bits	Störspikar ²⁾ ns	Presentationsform
2710-D	10	27	64	—	H, O, decimal
¹⁾ 920-D	20	9	256	10	T
¹⁾ 1720-D	20	17	256	10	T, B, H, O
¹⁾ 1650-D/116	50	16	512	5	T, B, H, O, M
¹⁾ K 100-D	100	16/32	1024/512	5	T, A, B, H, O
8100-D	100	8	2048	3	T
¹⁾ 9100-D	100	9	1024	5	T
8200-D	200	8	2048	1	T

T = tidsdiagram, A = ASCII, B = binärt, H = hex., O = oktalt, M = mapping

¹⁾ Triggerordet kan utökas med upp till 20 bits (aktiv probe 10-TC)

²⁾ Minimum detekterbar längd hos störspikar

BOX 365
162 03 VÄLLINGBY
TELEFON 08/ 739 00 45

AKTIV 
ELEKTRONIK AB

Hewlett-Packard har allt du behöver för digital felsökning...

Från logikprobar, pulsgivare, komparatorer och strömpobar till logikanalysatorer för funktionell test av parallell- och seriedata, timinganalysator och kretskortprovare. Alltså allt från logikprobar till digitala testsystem.

Välkommen att ringa om du villveta mer!



HEWLETT  PACKARD

Enighetsvägen 3, Box 20502, 161 20 Bromma
tfn 08-730 05 50.



Mikrodatorstyrd Logikanalysator Modell 532

- 32 bitars bred 250 ords djup
- Signaturanalys
- RAM eller UV PROM för förprogrammerade tester
- Automatisk styrning via RS232 eller IEEE-488-interface
- 21 olika triggvillkor
- 12 MHz, 32 bitar
- 24 MHz, 16 bitar

 PARATRONICS INC.



LAGERCRANTZ elektronik ab 0760-861 20
Box 48 · 194 01 UPPLANDS VÄSBY

FAIRCHILD

Test Systems Group


In-circuit TESTNING

TL TESTLINE FFI FAULTFINDERS

Testline Modell 1000 är en mikroprocessorstyrd testare för digitala kretskort. Modell 1000 är speciellt lämplig för fältservice. Program för varje kretskort lagras på en minikassett.

Vi marknadsför även effektiva system för säker, snabb och ekonomisk avlödning och reparation av kretskort – fråga efter PACE reparationssystem.

Återförsäljare: DANMARK: (01)-54 80 48
NORGE: (02)-16 17 50



LIF - ett begrepp
inom elektroniken...
**LIF Produkter AB**

Kvarnbergsvägen 27 · 141 45 Huddinge · Tel 08-774 01 50

Störningar från elnätet?

Remsan ger besked!

DRANETZ störningsanalysator 606-3 talar i klartext om hur störningen ser ut och när den inträffade. Detta är till stor hjälp vid planering av dataanläggningar eller analys av inträffade fel.

- Anslutes 3-fasigt eller till 3 olika gruppledningar.
- Portabel, vikt endast 7,5 kg.

Begär datablad!**Gunnar Petterson**INGENJÖRSFIRMAN GUNNAR PETTERSON AB
Box 117 · 123 22 Farsta · Telefon 08/930280

```

R 0176V IMPULSE
R 0164V IMPULSE
0008 CYCLES
R 123V SURSE
18119144

C 109V AVG -
17107131

R 118V AVG +
18139145

R 0176V IMPULSE
18123107

E 0086V IMPULSE
15121153

C 0072V IMPULSE
R 0176V IMPULSE
14119144

```

Fråga oss när det gäller mätning och simulering av störningar!

The Logic-Tip for TTL + CMOS: the Universal TKL-515 Probe

- ★ unique shape – for easy handling
 - ★ unambiguous evidence – quasi-oscilloscopic display
 - ★ unlimited versatility: operates on TTL-, CMOS- and similar switching circuits; displays switched states, pulses, duty cycles, and has switchable store for holding a captured intermittent pulse
 - ★ protected against false polarity and overvoltage. What Probe offers you more?
- Details concerning the TKL-515 are available. Just send in your request.

Wandel & Goltermann AB
Nybohovsgränd 12
11744 Stockholm
Tel. 08/188345

E 9196 S

Annonsörer

Aktiv Elektronik AB	101
Hewlett Packard	102
Lagercrantz elektronik ab	102
LIF-Produkter AB	103
Petterson, Gunnar, AB, Ing.f:a	103
Wandel & Goltermann AB	104

Digital FELSÖKNING

– instrument och metoder

Göran Brander

Digital felsökning av idag ställer stora krav på instrument och metoder. Man kan inte enkelt prova enskilda komponenter eftersom de nu är inbyggda exempelvis i en integrerad krets. Ett fel i en komponent kan uppträda fördröjt i tiden eller i en helt annan komponent än den felaktiga.

Allmänna metoder för hur man kommer åt dessa problem är en viktig del av denna bok. Här redovisas också de instrumenttyper som finns i en omfattande marknadsöversikt.

Författaren, civilingenjör Göran Brander, är anställd vid FFV-underhåll i Arboga, där han sysslar med instrumenttypval och underhållsberedning av datorer och kringutrustningar.

Han har mångårig erfarenhet och är kursledare i ämnet vid företagets internutbildning.

Boken är ett måste för varje tekniker som skall felsöka i digital utrustning. Genom sitt breda innehåll kan den också läsas av mättekniker, konstruktörer och av alla som kommer i kontakt med datakommunikation. Boken är även avsedd som kurslitteratur och är dessutom ett utmärkt komplement till kurser i digital- och mätteknik.



INNEHÅLL:

- Allmän felsökningsfilosofi
- Feltyper och metoder
- Störningar i digitala system
- Standardsnitt och koder
- Instrument
- Marknadsöversikter

ISBN 91-7284-083-8

Ingenjörslaget