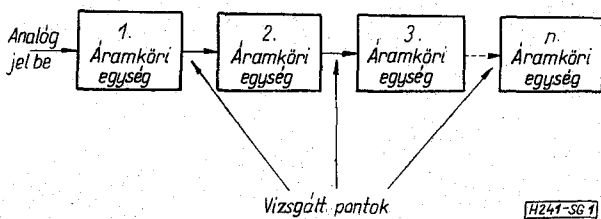


## Digitális logikai hálózatok hibafelderítő eszközei

ETO 621.317.7:681.325.65

A digitális integrált áramkörök széles körű alkalmazása sok, új problémát jelent az elektronikus tervezőknek, gyártóknak és szervizrészeleknek. Bonyolult digitális berendezéseknél a hibák felderítése hosszadalmas folyamat lehet. Analóg áramköröket tartalmazó hálózatoknál a hibakeresés technikája már jól ismert, de ezek nem alkalmazhatók a digitális technikában.

Analóg hálózatoknál a hibafelderítés technikáját az 1. ábra szemlélteti. Egy bonyolult hálózat bemenetére kis amplitúdójú vizsgálójelet adunk és a háló-



1. ábra. A hibakeresés módszere analóg hálózatban

zat részegységeinek kimenetein figyeljük a bemeneti jelre adott választ. Az a pont jelzi a hibás áramköri egységet, ahol a jel eltűnik vagy torzított lesz. Amennyiben az így behatárolt egység még bonyolult, akkor a módszert tovább alkalmazzuk az egységen belül.

Digitális hálózatokban a fenti módszer — megfelelő eszközök nélkül — nehézségekbe ütközik. A digitális áramkörök kimeneti impedanciája — a zajvédetség növelése érdekében — kis értékű. A logikai rendszerben minden menet egy kis impedanciájú kimenethez csatlakozik. Ha tehát ezeket az áramköri egységeket az analóg rendszerhez hasonlóan vizsgálni szeretnénk, akkor a bemeneteket le kell választani a kimenetekről. Ez történhet leforrasztással vagy a nyomtatott áramköri huzalozás megszakításával, ami egyrészt lassú, másrészt kényelmetlen. Szükség van tehát egy olyan eszközre, amely lehetővé teszi billentő logikai impulzusok bevitelét bonyolult logikai hálózatokban működő digitális integrált áramkörökbe.

A megfelelő vizsgálójelet generálása után a jelre adott választ kell vizsgálni a logikai hálózat különböző pontjain. A digitális logikai hálózatok paramétereinek bemérésére és a jelentkező hibák felderítésére a legelterjedtebb műszerek az oszcilloszkópok. Az esetek döntő többségében azonban az oszcilloszkópot csak az áramkörök kimenetein, illetve bemenetein jelenlevő logikai szintek jelenlétének megállapítására alkalmazzák. A jelalakok pontosabb vizsgálatára a hibák felderítésekor viszonylag ritkán kerül sor. A hibakeresésre az oszcilloszkópok lassúak, felhasználásukat a sok kezelőszerv nehézkessé teszi.

Egy-egy mérésnél állítani kell a fényerőt, fókuszt, a vízszintes eltérítési sebességet, a szinkront, a függőleges eltérítési érzékenységet, és ügyelni kell a null-vonal helyzetére is stb. Különösen nagy gyakorlatot igényel az egyszeres lefutású impulzusok, impulzuscsomók megjelenítése.

Az 1  $\mu$ s-nál keskenyebb, egyszeres lefutású impulzusok kimutatása még nagyon jó oszcilloszkóppal is nehéz. Megnehezíti a mérés végrehajtását az is, hogy a mérendő objektum és a megjelenítő egység két különböző helyen van. A nagy méret és a viszonylag rövid mérőkábel akadályozzák a mérés elvégzését. A felsoroltakon kívül a jó minőségű oszcilloszkópok rendkívül drágák és nehezen beszerezhetők.

A hibafelderítés megkönnyítésére, a fenti problémák megoldására, a VIDEOTON-ban négyféle, logikai hibafelderítő eszközt fejlesztettek ki.

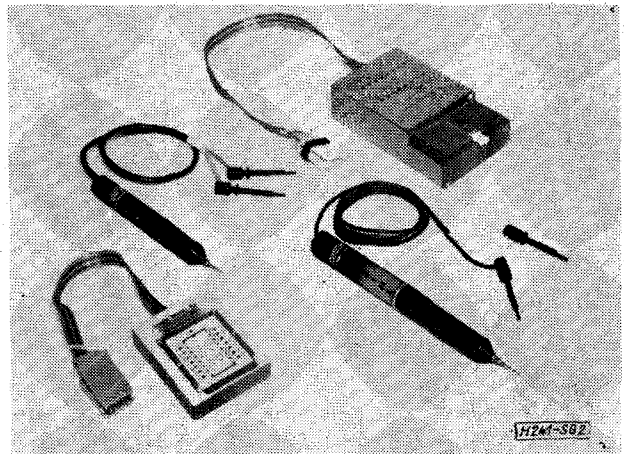
Ezek az eszközök a következők:

1. Logic '73 típusú logikai kijelző,
2. SPG '73 típusú, nagyáramú impulzusgenerátor,
3. Logic tester '73,
4. Logic comparator '73.

Az eszközök általános tulajdonságai:

kis méretűek, kézben tarthatók, külön tápegységet nem igényelnek, segítségükkel a hibafelderítés gyorsan, könnyen elvégezhető.

A négy hibafelderítő eszköz fényképe a 2. ábrán látható.

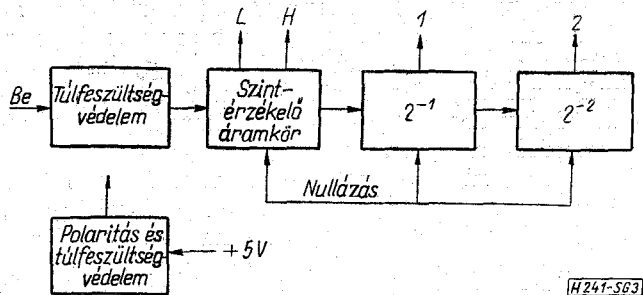


2. ábra. A négy hibafelderítő műszer

### A Logic '73 típusú logikai kijelző

Felhasználható TTL, DTL és TTL-kompatibilis MOS áramkörök hibafelderítéséhez. Alkalmas logikai szintek, periodikus és egyszeres lefutású impulzusok, két vagy három impulzusból álló impulzuscsomók kijelzésére, továbbá be nem kötött áramköri bemenetek, vezetékszakadások felderítésére.

A kijelző kb. 20 mm átmérőjű, 150 mm hosszú, egyik végén tapintóhegyben végződő henger, amely négy lámpát tartalmaz: L, H, 1 és 2 jelzéssel. Az L (low) és H (high) jelű lámpa a logikai szintek kijelzésére szolgál, az 1 és 2 jelű lámpa a kijelző bemenetére jutó pozitív szintátmeneteket számlálja. A működés elve a 3. ábrán látható tömbvázlaton tekinthető át.



3. ábra. A Logic '73 logikai kijelző működésének elvi vázlata

A kijelző bemenetére jutó jel a túlfeszültségvédelem áramkörén keresztül a szintérzékelő egységre kerül, amely eldönti, hogy magas vagy alacsony szint van-e a vizsgált pontokon, vagy szakadt-e a bemenet. Az 1 és 2 jelű lámpákat egy kétfokozatú bináris számláló működteti. A kijelző bemeneti terhelése nem zavarja a vizsgált áramkör működését. A működtetéshez szükséges tápfeszültség +5 V, így a vizsgált hálózathoz biztosítható a táplálás. A kijelzőt a fordított polaritással való bekötés és a túl nagy tápfeszültség ellen biztosító védi. A vizsgált jerről az információt a négy lámpa adja.

Tekintsük át a következőkben, hogy a vizsgált jeltől függően milyen lámpakijelzési kombinációk jönnek létre.

**Statikus jelek**

1. Egyik lámpa sem ég akkor, ha
  - a) a kijelző bemenete üres,
  - b) a bemenet nem érintkezik a vizsgált ponttal,
  - c) a vizsgált pont be nem kötött kapubemenet,
  - d) a vizsgált pont olyan „OFF” állapotban levő, nyitott kollektoros kimenet, amelynek kollektorellenállása szakadt vagy hiányzik.
2. +0,8 V-nál kisebb bemenőfeszültség esetén az L jelű lámpa ég.
3. +2 V-nál nagyobb bemenőfeszültség esetén a H jelű lámpa ég.

**Periodikus jelek**

1. Keskeny pozitív impulzusokból álló impulzusorozat esetén az L jelű lámpa teljes fényerősséggel, az 1 és 2 jelű pedig fél fényvel ég.
2. Keskeny negatív impulzusokból álló impulzusorozat esetén a H jelű lámpa teljes fényvel, az 1 és 2 jelű lámpa pedig fél fényvel ég.
3. Közéltőleg szimmetrikus négyszögjel esetén az L és H jelű lámpa a kitöltési tényezőtől függően fényvel, az 1 és 2 jelű pedig fél fényvel világít.
4. Keskeny kettős impulzusokból álló jelsorozat esetén az L vagy H jelű lámpa és attól függően,

pozitív vagy negatív kettős impulzusról van-e szó. Az 1 jelű lámpa a ráhelyezés időpontjától függően vagy majdnem sötét, vagy majdnem teljes fényvel, a 2 jelű lámpa pedig fél fényvel világít.

**Egyszeres lefutású jelek**

Egyszeres lefutású jelek esetén a jelcsoport előtti, illetve utáni logikai állapot az L és H lámpákról olvasható le.

Az impulzusszámláló maximálisan három pozitív élt képes számolni. Több pozitív élt esetén a kijelzett impulzusszám a bemenő impulzusszám mod (4) maradékával egyenlő.

Egyszeres lefutású jelek esetén a lámpák különböző kombinációi az 1. táblázatban láthatók.

**Műszaki adatok**

Tápfeszültség:	+5 V, ±5%
Áramfelvétel:	max. 250 mA
Bemenőfeszültség:	
a logikai „0” szint érzékeléséhez	max. 0,8 V
a logikai „1” szint érzékeléséhez	min. 2 V
Bemenőáram:	
a logikai „0” állapotban	max. -2 mA
a logikai „1” állapotban	max. 150 μA
Impulzusszélesség:	min. 15 ns
Frekvenciátvitel:	0-30 MHz
Jelmeredekség:	min. 1V/μs

1. táblázat

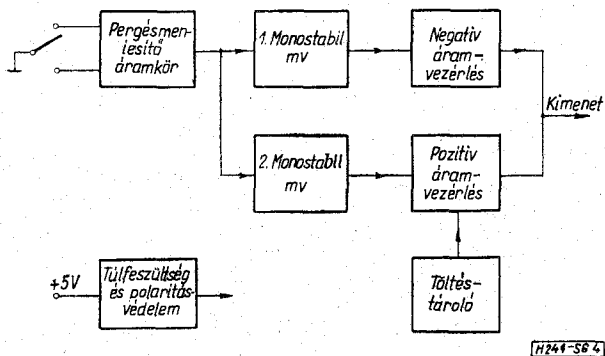
JELALAK	Az impulzusok előtt				Az impulzusok után			
	L	H	1	2	L	H	1	2
	0	1	0	0	1	0	0	0
	1	0	0	0	0	1	1	0
	0	1	0	0	0	1	1	0
	1	0	0	0	1	0	1	0
	0	1	0	0	1	0	1	0
	1	0	0	0	0	1	0	1
	0	1	0	0	0	1	0	1
	1	0	0	0	1	0	1	1
	0	1	0	0	1	0	1	1

Megengedett legnagyobb bemenő-feszültség:

+ 20 V; - 15 V egyenfeszültség, ill. 15 V effektív értékű váltakozó feszültség folyamatosan;  
+ 30 V; - 25 V egyenfeszültség, ill. 25 V effektív értékű váltófeszültség max. 2 s-ig.

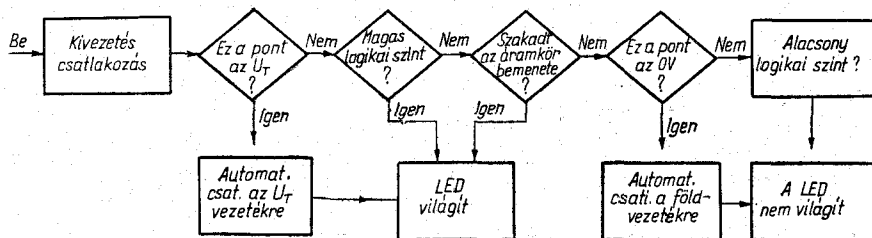
**SPG '73** típusú nagyáramú impulzusgenerátor

Az SPG '73 a VIDEOTON-ban kifejlesztett hibafelderítő műszerfamilád következő tagja. Segítségével olyan nagyáramú, de igen rövid időtartamú impulzusok állíthatók elő, amelyek a működő TTL áramkörök kimeneteit — az áramkör károsítása nélkül — az ellentétes logikai állapotba viszik át. Így lehetővé válik a működő áramkörök vizsgálata anélkül, hogy azokat a vezérlő áramkörökről leválasztanánk, pl. a flip-flopok billentése az órajel, a preset és a clear bemeneteken keresztül. A nagyáramú impulzusgenerátor működése a 4. ábra tömbvázlata alapján tekinthető át.

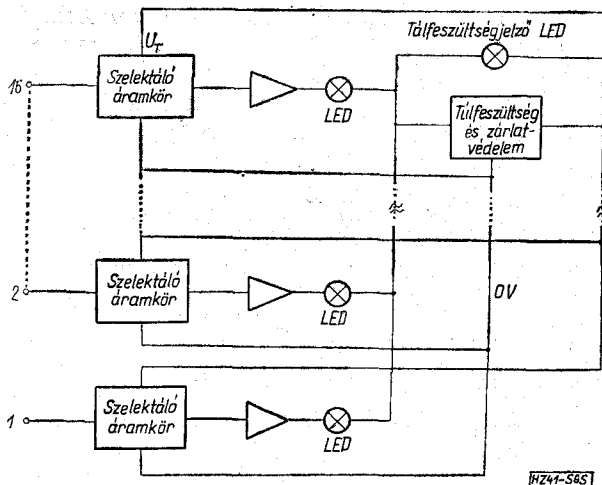


4. ábra. Az SPG '73 típusú nagyáramú impulzusgenerátor működésének elvi vázlata

A nyomógomb benyomásakor, illetve elengedésekor a pergésmentesítő áramkör kimenetén megjelenő negatív, illetve pozitív impulzusai indítja az 1, ill. 2 multivibrátorokat, ezek pedig az áramvezérlő áramköröket. Nyugalmi állapotban a töltéstároló biztosítja, hogy a pozitív áramvezérlő ne terhelje a tápfeszültségforrást.



6. ábra. A Logic tester '73 egy bemenetének döntési logikája



5. ábra. A Logic tester '73 működésének elvi vázlata

Az impulzusgenerátor a nyomógomb benyomásakor a vizsgált pont feszültségét a föld felé, elengedésekor pedig a tápfeszültség felé viszi. Az eszköz a tápfeszültséghez való csatlakoztatás után azonnal üzemkész. Fordított polaritás és túlfeszültség ellen biztosító véd.

**Műszaki adatok**

- Tápfeszültség: + 5 V, ± 5%
- Áramfelvétel: max. 100 mA
- Impulzusszélesség: tip. 300 ns
- Kimenőfeszültség:
  - logikai „0” szint (500 mA terhelésnél) max. + 0,8 V
  - logikai „1” szint (500 mA terhelésnél) min. + 2 V
  - nyomógomb alaphelyzetében (5 kohm-on) + 5 V

**Logic tester '73**

A Logic tester '73 segítségével a digitális integrált áramkörök kimenetein levő statikus logikai szintek egyidejű megjelenítése végezhető el. Az eszköz alkalmas 14 vagy 16 kivezetéses, dual-in-line tokozású TTL vagy DTL áramköröket tartalmazó hálózatok vizsgálatára. A logikai szinteket fényemittáló diódák (LED) jelzik. A diódák fölé a vizsgálandó IC bekötési rajzát csúsztatva, az áramkör működését könnyen és gyorsan ellenőrizhetjük.

A Logic tester '73 külön tápfeszültségforrást nem igényel, mivel a működéshez szükséges táplálást a vizsgálandó integrált áramkörrel kapja. Csatlakoz-

tatás után a bemenetek automatikusan kiválasztják a nulla és pozitív feszültségű pontokat, és ezeket — az eszköz belső táplálásához — a megfelelő tápvezetékekre kapcsolják. Csatlakoztatáskor, nem szükséges tehát a tápfeszültség-kivezetések polaritásának figyelembevétele.

A Logic tester '73 működése az 5. és 6. ábrákon látható tömbvázlat alapján tekinthető át.

Túlfeszültség esetén ( $U_T > 7\text{ V}$ ) a túlfeszültségvédő áramkör védi a hálózatot, és egy LED jelzi a hibát.

**Műszaki adatok**

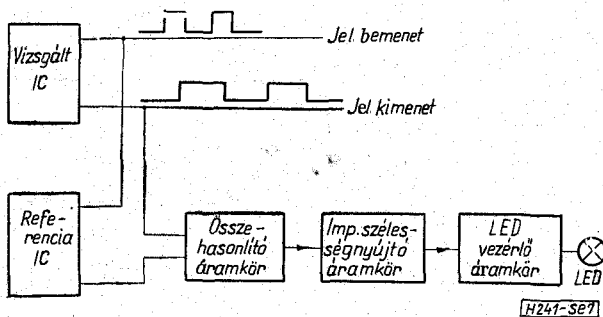
Tápfeszültség:	4,5 V...6,5 V
Logikai igen szint küszöbértéke:	min. 1,8 V
Áramfelvétel:	max. 140 mA
Bemeneti terhelés:	tip. -1,2 mA
Bemeneti védelem lábanként:	-1 V-tól +30 V-ig

**Logic comparator '73**

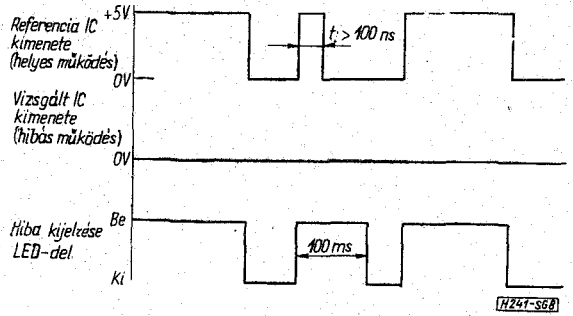
A VIDEOTON-ban kifejlesztett hibafelderítő műszercsalád negyedik tagja a Logic comparator '73. Ez a műszer az összehasonlítás elvén működik: működő logikai hálózatok áramköri kimeneteinek statikus és dinamikus jeleit hasonlítja össze a műszerben levő referencia IC megfelelő kimeneti jeleivel. Ha a vizsgált áramkör statikus és dinamikus logikai jellemzői eltérnek a referencia IC jellemzőitől, akkor a hibás kivezetéshez tartozó LED kijelző kigyullad.

A tápláláshoz külön feszültségforrás nem szükséges, mivel a csatlakozás után a tápfeszültséget a vizsgált IC szolgáltatja. A műszerrel 14 vagy 16 kivezetésű dual-in line tokozású áramkörök vizsgálhatók. Az eszköz elvi működése a 7. ábrán látható.

A vizsgált IC-re jutó jel az ekvivalens referencia áramkör megfelelő bemenetére is rákerül. A vizsgált IC és a referencia IC kimeneti jeleit az összehasonlító áramkör egybeveti, és eltérés esetén impulzust ad ki. Ha a kimeneti jelek közötti időkülönbség nagyobb, mint 100 ns, akkor ezt az impulzusszélességnyújtó áramkör nyújtással láthatóvá teszi (8. ábra). A műszer LED kijelzői a csatlakoztatás után valamennyi kimenet statikus és dinamikus hibáit azonnal kijelzik. Különböző IC vizsgálókhöz a referencia IC-t tartalmazó panelek cserélhetők.



7. ábra. A Logic comparator '73 egy összehasonlító egységének elvi működése



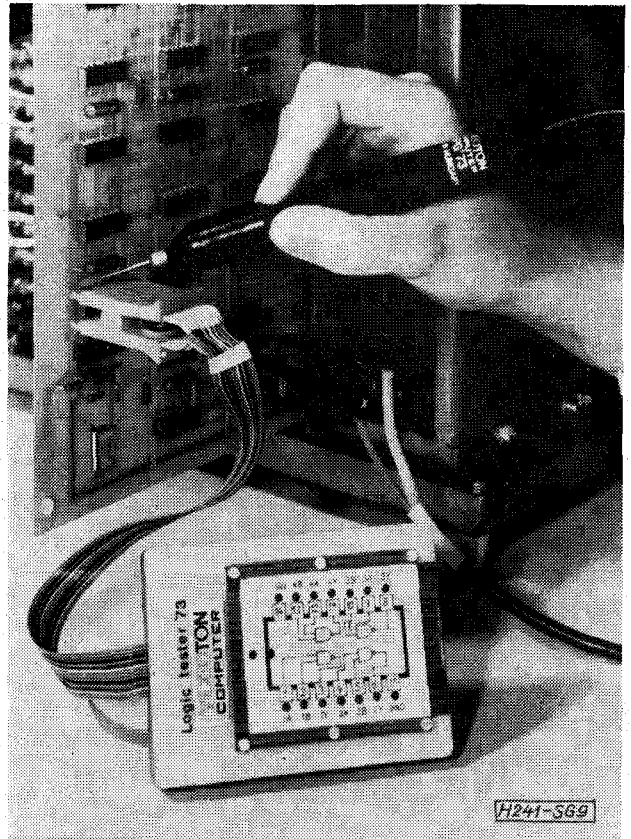
8. ábra. Logic comparator '73 hibajelzési diagramja

**Műszaki adatok**

Tápfeszültség:	5 V ± 10%
Áramfelvétel:	max. 450 mA
Bemeneti küszöbfeszültségek:	TTL vagy DTL kompatibilis
Hibaérzékenység:	100 ns
Kijelzési idő:	min. 0,1 s

**A hibafelderítés módszerei a négy eszköz segítségével**

A hibafelderítés általános módszere szerint a hálózat valamelyik áramköri bemenetére logikai impulzusokat adunk, és ugyanazon vagy másik áramkörön a választ figyeljük, vagy a rendszer működéséhez szükséges jelek jelenlétét ellenőrizzük. A hibák felderítésére esetenként elegendő az eszközök külön-



9. ábra. Az impulzusgenerátor és a Logic tester '73 együttes alkalmazása

külön való használata, de az egyszerű és gyors hibafelderítéshez elengedhetetlen két vagy több hibafelderítő műszer együttes alkalmazása.

Egy módszer, amely segítségével egy bonyolult logikai hálózat hibáját és a hiba helyét megtalálhatjuk az lehet, hogy először a Logic '73 kijelző segítségével ellenőrizzük a rendszer működéséhez szükséges jeleket. Ilyen jelek lehetnek: az órajel, start, shift, enable stb. Ezzel a módszerrel az IC-k kis csoportjára szűkíthetjük le a hibát.

Logikai kapuk helyes működéséről könnyen meggyőződhetünk pl. az SPG '73 impulzusgenerátor és a Logic '73 kijelző vagy a Logic comparator '73 együttes alkalmazásával. Az impulzusgenerátorral jelet adunk a bemenetre, és a kimeneten adott válasz helyességét a kijelző vagy a komparator segítségével vizsgáljuk. Hasonló módszert alkalmazhatunk flip-flopok ellenőrzésére is; ezeknél az órajel és preset bemenetekre adott impulzus segítségével ellenőrizhetjük a megfelelő működést, együtt alkalmazva pl. az impulzusgenerátort és a Logic '73 testert. (9. ábra.) Meghatározott számú impulzust adva a dekadikus vagy bináris osztókra, a Logic '73 kijelző segítségével ellenőrizhetjük ezek helyes működését is.

Jól alkalmazható a Logic '73 tester olyan vizsgálatokhoz, ahol egyidejűleg az IC összes kivezetésein jelenlevő logikai szinteket szeretnénk kijelezni.

Az SPG '73 a Logic '73 kijelzővel együtt alkalmas

zárlatok kiderítésére is. A kijelzővel és a nagyáramú impulzusgenerátorral a zárlatgyanús helyre lépünk, majd az SPG '73-mal impulzust adunk. Amennyiben a Logic '73 nem jelez impulzust, a vizsgált pont tápfeszültség- vagy földzárlatos.

Ha a kijelző impulzust jelez, akkor a kimenet egy másik áramkör kimenetével van zárlatban. Ekkor a kijelzőt a vizsgálni kívánt pontra helyezzük, majd a szomszédos vezetékre impulzust adva kideríthető, hogy az melyik vezetékkel zárlatos.

Egy következő módszerben az SPG '73 nagyáramú impulzusgenerátor játssza a főszerepet. Sorba kapcsolódó áramkörök hosszú láncát vizsgálhatjuk úgy is, hogy az impulzusgenerátorral jelt adunk a lánc egyik végére, és a másik végén figyeljük a jelre adott választ. Ha a kívánt válasz nem jelenik meg a kimeneten, akkor hasonló módszert alkalmazunk a lánc felére. Sorozatos közelítéssel a hiba általában gyorsan behatárolható.

A Logic comparator '73 kiválóan alkalmas a bonyolult logikai rendszerekben jelentkező hibák gyors megkeresésére. A vizsgálandó IC-vel ekvivalens integrált áramkört tartalmazó panelt helyezve a műszerbe, a csatlakoztatás után az áramkör minden kimenetének megfelelő vagy nem megfelelő működése egyszerre látható. Természetesen a felsorolt módszereken kívül egyéb módszerek is lehetségesek a hibák felderítésére.