

# Oscilloszkóp időeltérítő rendszer két fűrészel-generátorral

Sipos Gyula okl. IC szakmérnök

A Rádiótechnika, s az évkönyvek hasábjain az elmúlt évtizedek során számos oscilloszkópleírás látott napvilágot. Ezek jobbára egyszerű kivitelű és szolgáltatási kapcsolások, készülékek voltak, és az amatőr igények fedezésére éppen elegendőnek bizonyultak. Manapság azonban a magánimport és a kereskedelem jóvoltából számos olyan villamos és elektronikus készülék került be hazánkba, melynek karbantartása, szervize egyrészt nem megoldott, másrészt komolyabb műszerek igénybe vétele nélkül szinte lehetetlen akár hozzájuk nyúlni is.

Végigtekintve az eddig ismertett készülékek/kapcsolások sorát, látható, hogy azok között található megfelelő sebességű, egy- és kétsatormás vertikális erősítővel ellátott típusot, tehát az elvi lehetőségünk megvan arra, hogy – sikeres utánépítés esetén – 30 ... 50 MHz-ig jeleket vizsgálhassunk. Korszerűsíteni elsősorban az időeltérítő rendszert lehet oly módon, hogy szolgáltatásait pl. egy teljes készülék-kategóriával feljuttatjuk.

A gyakorlatban egy gyors (30 ... 50 MHz-es) amatőr oscilloszkóp esetén a probléma úgy szokott felmerülni, hogy hiába van meg a vizsgálat-hoz szükséges kellő sávszélesség, szinte érthetetlen okokból a mérés nem bonyolítható le, a kívánt jelalak nem hozható létre. Egy tipikus mérési probléma az olyan jelek vizsgálata esetén lép fel, melyek periodicitása látszólag sűrű, s mégis, a mérés során a jel kellő időnagyításban nem vizsgálható. Bebizonyosodik ugyanis, hogy ez a sűrű periodicitás csupán látszólagos, a valóságban egy meglehetősen kis ismétlődési frekvenciájú jel vizsgálatáról van szó, s így a kívánt mérési helyzet nem jön, nem jöhet létre. A probléma nem a hajánál fogva előranganatott, ugyanis ilyen jel a színes TV videojele, melynek látszólagos sor- vagy képfrekvenciás periodicitása csak első közelítésben igaz, voltaképp pedig egy bonyolult, összetett ritmusról van szó. Ezt az oscilloszkópos mérés során úgy észleljük, hogy a jel általában nem állítható meg a képnyomon, de ha mégis, akkortöbb, egymáshoz közeli, jónak tűnő helyzet is van ugyan, de ezek közé a jel véletlenszerűen pattan, ugrik egyet ide vagy oda, s egy más alakzatot, jelalakot mutat ismét és ismét, vagy pedig több, egymást átfedő kép mutatkozik a képnyomon. Méréskészülékünk észleli ugyanis a valóságos periodicitást, a nyolc különböző félkép-struktúra finom megváltozását. Így emyökképpünk zavaros, kiértékelhetetlen lesz, és nem vagyunk képesek zavaró hatások nélkül megvizsgálni egy kiválasztott tv sor vagy félkép tartalmát.

Hasonló problémák lépnek fel a digitális rendszerekben, ahol ugyan a TTL jelek folytán látszólag semmi problémának nem szabadna fel-lepnie, de mégsem tudunk adott esetben kielégítő vizsgálatot végezni kellő időnagyításban, mivel a periodicitás a látszólagos TTL impulzussorozathoz képest esetleg több nagyságrenddel lassabb! A vizsgálandó jel képe vagy túlságosan zsúfolt, vagy megfelelő nyújtás esetén elmosódott, elkent, s akár így, akár úgy, de kiértékelhetetlen.

Azok figyelmébe ajánljuk az alábbi áramkörleírást, akik a fenti problémákkal küzdenek és egyébként pedig már sikeresen megbirkóztak egy 30 ... 50 MHz-es oscilloszkóp megépítésével, s

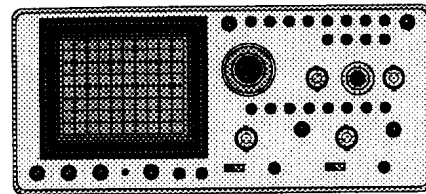
készüléküket feljavítani szándékoznak. Az áramkör segítségével mérési nehézségeiket igen elegánsan hidalhatják át.

Választásunk egy ipari készülék (az EMG-ben még az ántivilágban sorozatban gyártott Type 1568/2A, 1. ábra) megfelelő áramköri részletére esett, melynek magyarázata némi kommentárra szorul. Hajdanában-danában ugyanis történt, hogy ezen kégnél – a készülékek előállítási (főképp anyag-) árát csökkentendő – elhatározottak, hogy abból kell várat építenünk, ami rendelkezésünkre áll, s nem abból, amiből kellenne. Ez abból is következett, hogy a rendelkezést (parancsot) a kellő szakmai felkészültség hiányában adták ki, de szakembereknek kellett azt végrehajtaniuk, ahogy az akkortájt rendjén s szokásosan volt. Ennek érdekégnél – a készülékek szerint – a lehető legolcsóbb, legegyszerűbb építőelemeket kellett felhasználni a tervezés és gyártás során. No, persze a dolog azért mégsem volt ilyen egyszerű: a gyártás, majd a szériatapasztalatok leszárlása után pedig szépen, rendre mégiscsak be kellett építeni (utólag) a legkínosabb helyekre (pl. vertikális erősítőbe stb.) a nélkülözhetetlen, de eredetileg kispórolt vagy silányabbal helyettesített kritikus alkatrészeket. Kiderült, hogy az erősítőbe és egyéb szimmetria- vagy tolerancia-érzékeny helyeken nélkülözhetetlen 1%-os ellenállás helyett alkalmazott olcsó 5%-os típus talán mégsem olyan olcsó, ha hozzászámoljuk a szériagyártáson a kínódást, a felmerült bemérési többletdíjakat, a túl sokat forrasztgatott panelokat (élettartam, megbízhatóság!). Mert végül is eladható terméket kellett előállítani, az adott pillanatban már aztán minden áron.

A hosszú történet azért érdekes számunkra, mert sejthető, hogy anyagkészletében egy vég-sőkig leegyszerűsített (önmagához képest a legolcsóbb) kapcsolásról van szó, mely azért végez-tetül, „tudja a leckét”, hála a konstruktőrök (első-sorban is M. J., részben pályahagyott kollégánk) elektronikus furfangjainak.

A számunkra érdekes kapcsolási részletben egyetlen jelentősebb változást az jelentett, hogy az eredeti 710-es komparátort a valamivel gyorsabb 760-as típusra kellett cserélni. Ez fordítva azt is jelenti, hogy aki bármely okból nem törek-szik a 30 MHz-nél szaporább jelek vizsgálatára, annak számára bőségesen megfelel a 710-es komparátor is, míg a 760-as komparátorral 50 MHz-ig lehetséges a jelek kezelése. Mivel a két komparátor különböző tápfeszültséget igényel, a csere nem a tokok cseréjéből áll csupán (+12 és -6 V helyett ±6 V). A 710-es komparátornak csupán egy visszacsatoló köre van az egyetlen kimenet folytán, míg a 760-as mindkét kimenet-ről van pozitív visszacsatoló RC tag a megfelelő bemenetre.

Az eredeti, 1568/2 típusjelű szkópváltozat 30 MHz-ig alkalmas jelek vizsgálatára, míg a továbbfejlesztett Type 1568/2A minden szempontból gyorsabb, 50 MHz-es készülék, melynek megfelelő áramköri részletei képezik leírásunk tárgyát. Miután egy oscilloszkóp egyes főbb részei általában önállóan is megállják a helyüket, így kapcsolásunk kellő körültekintés mellett alkalmas egy meglévő készülékbe való utólagos beépítésre, korszerűsítés céljából. Ez persze nem megy minden további nélkül, ezért utánépítésre csak az vállalkozzék, akinek már kellő jártassága



1. ábra. A Type-1568/2 és 12A oscilloszkóp előlapjának vázlatos képe. A jobb oldalon fent helyezkedik el a kettős időeltérítő egység

van az építésben és a bemérésben. A megépítést hallatlanul megkönnyítheti az eredeti (kétdoldalas, furtagalvanizált) nyomtatott áramköri rajz közlése. Mindamellet van néhány mechanikai(!) alkatrész, melynek beszerzése/előállítása problémás lehet, de bizzunk az amatőr leleményességében!

## Működési elv

A kettős időeltérítő rendszerrel rendelkező („kétfűrészes”) oscilloszkóp működéséről ezidáig semmiféle leírás nem jelent meg lapunkban. Ez annak a következménye, hogy az áramkör – noha egyszerű elemekből áll – valójában eléggé bonyolult, s így ezen kapcsolási részlet építési költsége és a szükséges munkaráfordítás is mintegy kétszerese a hagyományosnak mondható egyfűrészes változathoz képest. Az eredmény viszont mindezekkel arányos.

A kitűzött cél a következő: létre kell hozni egy olyan változtatható időablakot az időeltérítő rendszer segítségével, mely időablakban a vizsgált jel részlete egy új üzemmódban kellő mértékben kinagyítva vizsgálható. Legyen ez az időablak az időtengely mentén tetszőlegesen eltolható és legyen a nagyítva az időablakban tetszőlegesen beállítható, természetesen az értelmezési tartományon és a készülék abszolút határadatain belül.

A 2. ábra segít a mérés elvének megértésében. Tegyük fel, hogy valamely szapora, de ritka periodicitású jel (a rajzon a felső fényvonal) kisebb részletei nem vizsgálhatók zavarok nélkül. Használjunk – megtartva az 1. időeltérítő generátor által adott emyökképet – egy második időeltérítő rendszert is, amely vagy az 1. időeltérítő generátorhoz, vagy a vizsgált jelhez szinkronizáltan, valamivel gyorsabb eltérítési sebességgel, de némi késéssel indul az elsőhöz képest. Segítségével kijelölhetünk egy időtartományt, amely trükkös módon, nagyítva vizsgálható. Ennek érdekében a két időeltérítő rendszert célszerű segédáramkörökkel megfelelő rendszertechnikába kell foglalni, és új eltérítési üzemmódokat kell létrehozni.

A 2. ábrán (fent) az egyik lehetséges üzemmódot láthatjuk: az „A” fűrészelében egy fényesebb szakasz mutatja a nagyítani kívánt, a „B” fűrészel által kijelölt időszakaszt (az angol felirat szerint: „A INTENSIFIED BY B”, vagyis az „A” fűrészel jele kivilágosítva a „B” fűrészel jele által). Ez az üzemmód a kívánt mérési terület (időtartomány) kijelölésére szolgál.

Az alsó ábrarészlet azt a helyzetet mutatja, mikor átkapcsolunk a következő, voltaképpen az

eredetileg is óhajtott üzemmódra: a katódsugár-csővön a kinagyított szakasz, időtartomány látható teljes képernyőnyi méretben (az angol felirat szerint: „B DELAYED BY A”, vagyis a „B fűrésze jele, az „A” fűrésze jele által késleltetve).

Az eredetileg meglévő vagy szokásos fűrészgénérátor, az „A”, normál időeltérítést állít elő, valamely bemeneti (vizsgálandó) jelhez szinkronizálva. Ha ennek kimeneti fűrészelét egy finoman beállítható komparátorral letapogatjuk a talpától a max. értékig, a komparátor beállítása függvényében kaphatunk egy kevésbé vagy jobban késleltetett impulzust az „A” fűrésze jelével tökéletes szinkronban, annak indulásához képest a mindenkori futási idő valamely százalékában késleltetve. Ez a késleltető impulzus független az éppen beállított időeltérítési sebességtől, így *látszólagos helye* a képernyőn csak a komparátor beállításától függ, annak komparálási szintjével *jobbra-balra* tologatható.

Ha ezzel az impulzussal egy második, egyébként az „A” fűrésztől első közelítésben semmiben nem különböző „B” fűrészgénérátort indítunk, az éppen olyan szinkronizált vagy nem szinkronizált helyzetben lesz, mint az „A”, mivel mintegy rajta lovagol az „A” fűrészen. Nos, ezzel a második (késleltetett) „B” fűrészzel és az „A” (késleltető) fűrészgénérátorral többféle kellemes üzemmódot is létesíthetünk.

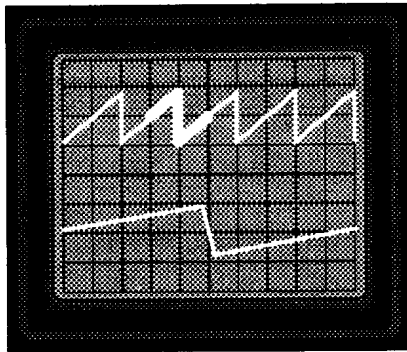
Ha a „B” fűrésze jelét mindössze arra használjuk, hogy kijelöljük a vizsgálandó mérési tartományt, a kivilágosító erősítőbe kell csupán beavatkoznunk: a képernyőn látható, az „A” fűrésze által létesített eltérítés kiválasztott szakaszát a „B” fűrészgénérátor megfelelő jele által kissé fényesebbé tesszük. Ennek induló pontját a finombeállítási komparátorral jelöljük ki. A kivilágosított fényszakasz hossza viszont nem közzömbs. Logikus, hogy amennyiben időbeli nagyítást kívánunk létrehozni, a második fűrészgénérátornak mindig gyorsabbnak kell lennie, mint az elsőnek. Kérdés az, hogy mennyivel. Gyakorlati okokból a „B” fűrésze felépítése szinte mindig azonos az elsővel, így az időlépték (Time/cm) beállíthatósága is. Ha gondoskodunk arról, hogy a két áramkörben lévő RC időzítőelemek együttfutása logikus és behatárolt legyen, valamiféle mechanikus/elektronikus szorzóelemhez jutunk anélkül, hogy a leolvasással bármiféle külön gondunk lenne. Ehhez egy közösített, de korlátozottan oldható reteszelésű, együttfutó Time/cm kapcsolórendszer szükséges.

Normál esetben (az új üzemmód használata nélkül) a két kapcsolót egy becsappanó retesz *alaphelyzetben* összezárja és azok merev kapcsolatban, együtt fordulnak el. Ha az újabb üzemmódok valamelyikét kívánjuk használni, a reteszelt átmenetileg oldani kell. Ez a gyári készülék esetében azt jelenti, hogy a Time/cm kapcsoló nagy (kétrészes) forgatógombját egy rugó ellenében kissé ki kell húzni. Ekkor a retesz kiemelkedik a fészkeből és a gomb kézben tartott része elfordítható a leválasztódott részhez képest, bizonyos korlátok között. A korlátok a következők:

1. az éppen beállított sebességnél lassabbat értelmetlen beállítani, erre a mechanika (a balra fordítás irányában) reteszelt;

2. a készülék nem lehet gyorsabb önmagánál, így a felső korlát a legnagyobb sebesség, ott a kapcsoló saját, eredetileg is meglévő arretáló szerkezete végállásba kerül, felütközik.

Vizsgáljuk meg az így kialakítható időnyújtást. Ha az „A” időeltérítés beállított sebességéhez képest egy fokozattal állítjuk gyorsabbra a „B” időeltérítési sebességét, egyes kapcsolóállásokban 2x-es, másokban 2,5x-es időnyújtást kapunk (a kapcsoló 1-2-5-10... lépései miatt ilyenek az arányok). Ha több fokozattal állítjuk gyorsabbra a „B” sebességét, a nagyítás ezzel arányo-



2. ábra. Kétfűrészes (és kétsugaras) oszcilloszkóp ernyőképe. A felső fényvonal a nyújtatlan jel képét rajzolja ki, míg az alsó a felső fényesebb szakasszal kijelölt jelrészlet kinyújtott része

san növekszik. Nem kapunk nagyítást a *leggyorsabb „A”* futási sebesség esetén: a készülék nem gyorsabb önmagánál és a „B” kapcsoló jobbról-balról mechanikusan reteszeldődik. Ha a lehető leglassabb futási sebességet állítjuk be az „A” segítségével és az időnyújtást a „B”-vel a maximálisra állítjuk, elvileg helyes, a gyakorlatban használhatatlan megoldáshoz jutunk: így olyan rövid időszelvet választottunk ki, melynek gyakorisága használhatatlanul kis átlagfényerőhöz vezet. Gondoljuk meg, mit is kezdünk egy ötmásodpercenként felvilágított 1 mikroszekundumos időtartamú jellel; nem is észleljük, a szokásos képernyőfoszforok ilyen kis gerjesztésre nem is világítanak. Ezzel szemben – a közepes sebességtartományokban – az 5... 20-szoros időnyújtással egész jól kiértékelhető emyőképet nyerhetünk.

A két időeltérítő egység („A” és „B” fűrészáramkör) meglehetősen önálló áramkör. Így – ha már rendelkezésünkre állnak – több, hasznos és/vagy mutatós üzemmódot is létrehozhatunk, némi külső segédlettel. A legjellemzőbb jelek a legtöbb profi (ipari) készüléken külső mérések számára külön ki is vannak vezetve; rendszerint a két fűrésze („A” SWEEP, „B” SWEEP), és a két fűrésze kapujel („A” GATE, „B” GATE), pl. emitterkövetősen csatolásmentesítve. Vobleres méréseknél ezek a jelek igen hasznosak lehetnek.

Tekintsük át általában a a kétfős időeltérítéssel rendelkező oszcilloszkóp üzemmódokat. A gyakorlatban ugyanis áramkörünk kezelhetősége nem csupán magától az áramköről, hanem a készüléket kezelő személy logikus gondolkodásától, a mérési mód megértésétől is függ, a tapasztalatok szerint igen nagy mértékben. Jelen esetben a nyomógombok, egy más felépítésű készülékben esetleg forgatógombok, billenőkapszolók stb. segítségével általában az alábbi üzemmódok állíthatók be:

„A ONLY” = a működésmód hagyományos, az „A” időeltérítő generátor szokásos alapüzemmódjaiban dolgozik, a „B” időeltérítés nincs használatban, mintha be sem lenne építve. A legtöbb készülékben, így itt is van (külső vagy belső jel hatására) indított eltérítés, továbbá AUTO üzemmód (jel nélkül is van fényvonal az emyőn) és „SINGLE”, egyszeres lefutású üzemmód, egyszeri, véletlenszerű, csupán egyszer megjelenő jelek vizsgálatára.

„A INTENS. BY B” = mindkét időeltérítő generátor üzemel és a „B” mindig gyorsabb eltérítési sebességre van állítva, mint az „A”. A képernyőn az eltérítést az „A” fűrésze jel hozza

létre, de a kivilágosító áramkörbe be van vezetve a „B” generátor kapujele is. A két jel eredőjeként a képernyőn az időtartománybeli szakasza, amely megfelel a „B” fűrésze futási időintervallumának, némiképp világosabb, mint a többi rész. Ez a kivilágosított szakasz mind időtartamban (az emyőn cm-ben), mind pedig elfoglalt helyzetében – a képernyőn belüli tartományban – a kezelőszervekkel beállítható. Ha a „B” időeltérítő generátor éppen 2x gyorsabb futásra van beállítva, mint az „A”, a képernyőn a fényvonal felényi szakasza lesz világosabb. Ennek helyzete a kezelőszervekkel jobbra-balra eltolható az „A” fényvonalon. Ha a „B” éppen 100x gyorsabb, mint az „A” fűrésze, akkor a fényvonalon mindössze egy fényes pötty látható, amelyet végigtolhatunk a teljes emyőképen a bal széltől a jobb szélég.

„B DELAYED BY A” = a képernyőn az eltérítést a „B” időeltérítő egység hozza létre abban a beállításban, ahogy azt az előbbi üzemmódban kijelöltük. Ennek értelmében a képernyőn egy előre kijelölt, nagyított időszelvet képe látható, mégpedig azon kis időszelvet, amely az imént ki volt világosítva az „A” fényvonalon. Ez az üzemmód voltaképp egy kalibrálható lupé, amelyet végigtolhatunk az „A” fényvonalon. Vegyük azonban azt figyelembe, hogy a készülék ezáltal nem lesz jobb saját magánál, vagyis nem előnyös a túlzottan nagy nagyítási arányok hajhászása (a jel fényesegény és bizonytalan kontúrú, elmosódott lesz), továbbá a legnagyobb „A” fűrésze sebességnél mechanikus reteszeléssel is kell gondoskodnunk a max. 1:1 nagyítás beállításáról (nincs nagyítás). A két fűrészgénérátor ugyanis jórészt egyforma felépítésű, egyforma maximális sebességű és tulajdonságaik mindenkor összhangban állnak a gép egészével.

„MIXED” = Ebben az üzemmódban mindkét eltérítő generátor jele vezérli az eltérítő erősítőt, mégpedig úgy, hogy az „A” eltérítés jelét *külön kezelőszerrel* az *ernyőnyi méretnél rövidebbre állítva*, a felszabaduló helyen az eltérítést a „B” generátor jele vezérli (mintegy folytatja). A látvány némiképp mulatságos is, mert megfelelő beállításnál úgy tűnik, hogy a jel jobb oldalán nagy sebességgel (mint valamely cémmát vagy fonalat) le tudjuk „fejteni” a kezelőszervekkel a jel soron következő részleteit.

Megjegyezzük, hogy a „MIXED” üzemmódot viszonylag ritkán alkalmazzák, néhány évtizede még a komolyabb ipari gépekbe sem építették be.

A kétfűrészes időeltérítő egységgel kapcsolatban az alábbiakat érdemes figyelembe venni. Célszerű az egységes (modulszerű) villamos felépítésre törekedni (azonos felépítésű trigger- és fűrészáramkörök), így az esetleg fellépő problémák és a megoldások azonosak lesznek. A bemutatott áramkör – olcsósága és egyszerű építőelemei ellenére – már eléggé „csicsás”, ne igyekezzünk azt dús fantáziánkkal túlszámolni, inkább a precíz felépítésre, gondos mérésre, kifogástalan működésre törekedjünk.

Az áramköri részek megismeréséhez segítséget nyújthat a szerző egy korábbi, számos megoldásában hasonló készülékének ismertetése, mely az 1985-ös Rádiótechnika Évkönyvben található (Telepes/hálózati amatőr oszcilloszkóp).

## Bemeneti áramkörök

Az időeltérítő panel lényegében három bemeneti részzel rendelkezik (3. ábra). Ebből a két triggerbemenet teljesen hasonló mind felépítésre, mind szerepkörre. Az „A” időeltérítő egység indítójel-forrása lehet a vertikális erősítőből érkező valamely szinkronjel (a lehetséges megoldásokra most nem térünk ki), vagy lehet külső szinkron-

jel. A két jelforrás valamelyikének kiválasztását az S501 nyomógombos, kétállású kapcsolóval végezzük. Kiengedett gomb mellett a kapcsoló a belső jelforrást választja ki. Hasonló a szerepe a „B” időeltérítő egységben az S506/S08-as – egymást kiváltó – kétállású kapcsolópárosnak. S508-at benyomva a belső jelforrást, S506-ot benyomva a külső jelforrást választjuk ki (a kapcsolók egymást a kilincslemez segítségével kölcsönösen oldják, kiugratják), míg az éppen kint lévő gomb óvatos megnyomásával *mindkét gomb kiugratható*, ekkor a „B” eltérítő egység a „nem indított” állapotba kerül (l. később). A kezelőszervek elrendezése a 4. ábrán látható.

A szinkronizáló jel a kapcsolók után a trigger bemeneti fokozatra kerül, egy-egy védőáramkörön keresztül. A névleges bemeneti lezársímpedanciát az R501 1 M $\Omega$ -os ellenállás képviseli, amely 10 nF-os kondenzátoron keresztül csatlakozik a kapcsolóra. A csatlakozási „A” triggerben az S502 AC/DC kapcsolóval – DC állásban – áthidalható, a „B” triggerben nem, nincs rá igazán szükség. Így tehát a fontosabbik, az „A” trigger bemenete igen lassú változások (egyenpotenciál) feldolgozására is alkalmas.

Mindkét triggeráramkör bemenete túlfeszültség ellen (azonos módon) védett. Abszolút korlátot képez a bemeneti 1 M $\Omega$ , ugyanis sarkain a gyártó max. 250 V feszültséget enged meg. A további haladó jel viszont vágást, határolást szenved a  $\pm 15$  V-os tápfeszültségre kötött két gyors dióda és a soros 100 k $\Omega$ -os ellenállás folytán, mindkét triggerben. A normális üzemi viszonyok között lezárásba előfeszített diódák valamelyike a bemeneti túlfeszültség hatására kinyit és megfogja, határolja a bemeneti feszültség tovább jutó részét.

A bemeneti szinkronizáló jel a továbbiakban a FET – tranzisztor visszacsatolt erősítőpárosra kerül. A kapcsolás voltaképp source-követőként üzemel, de a tranzisztoros visszacsatoló kör kiűzőből a FET-ek rendkívül nagy  $U_{GS}$  feszültség-szórásából adódó munkaponti problémákat. Az áramkör akkor van helyes munkapontba állítva, ha a source-köri zéner anódián 0 V mérhető. Ehhez a drain-körben lévő potenciómétert kell helyesen beállítani, esetleg söntölni. A mérést bemeneti jel nélkül kell végezni! Az áramköri elemek a BF245C típusú FET-hez alkalmasak, más típusú FET esetén a drain-köri ellenállást kell alaposabban változtatnunk. Ha így nem áll be a 0 V, próbálkozhatunk kisebb feszültségű zénerrel (pl. 5,6 V-ossal stb.). A FET és a tranzisztor típusa meglehetősen közömbös, a legjobb gyártott eszköz ebben a beállításban alaposan túlteljesíti a sávszélesség-kivánalmakat, bajunk a helyes munkapont beállításával lehet inkább.

A bemeneti fokozatot egy összegzési (csomópont) követi. A csomópont maximális potenciálját egy antiparalel diódapáros (D504-D505)  $\pm 0,6$  V körül határozza meg. A csomópontba áram folyik be egyrészt a trigger bemenet felőli soros ellenálláson, másrészt a trigger indítási szintet meghatározó „A TRIG LEVEL” potencióméter irányából egy soros ellenálláson keresztül. Az így befolyó áramok a csomópontban polaritás helyesen összegződnek, majd az eredő az integrált komparátor bemenetére csatlakoztatott egyszerű feszültségosztóba folyik be. Belátható, hogy ezzel a módszerrel a mindenkori szinkronjelhez hozzáadható egy beállítható egyenkomponens, amely látszólag eltolja annak átlag-egyenpotenciálját. Mivel azonban a komparátor beállítása olyan, hogy közelítőleg a 0 V-os bemeneti potenciál környezetében billen, az eltolás révén a bemeneti szinten különböző potenciálú pontjaihoz rendelhető hozzá a billenési, indítási pont, vagyis a triggerimpulzus. A „TRIGGER LEVEL” potencióméterrel így végigjárhatjuk a be-

meneti szinten különböző potenciálú pontjait és bármelyik kívánt pontról létesíthetjük az indítást. Az „A” és a „B” triggerfokozat működése és felépítése teljesen azonos. Mindkét áramkörben lehetőség van az indító fél polaritásának megfordítására az S503 (illetve az S507) kétállású nyomógombos kapcsolóval azáltal, hogy a hasznos jelet az IC501 (illetve az IC505) komparátor invertáló vagy neminvertáló bemenetére vezetjük. Ezáltal a képernyőn látható jel valamely pozitívba vagy negatívba haladó éléhez rendelhető az indítási pont.

A komparátor pozíciójában 710-es, vagy a rajz szerinti 760-as komparátort használhatjuk. A 710-es kapcsolása csekély mértékben eltérő, ugyanis csak egykimenetű eszköz, így egyetlen visszacsatoló köre van. Tápfeszültsége +15 V-ról osztóval csökkenthető 12 V körülire, míg a -15 V-os tápfeszültségről soros ellenállással lehet problémamentesen ellátni az egyébként +12 V/-6 V feszültségigényű IC-t. A 710-es komparátort már nem lehet ilyen „lazán” kezelni, feszültségellátását esetünkben két darab, egyenként 6,8 V-os zénerrel stabilizált osztó biztosítja a  $\pm 15$  V-os tápfeszültségről. A 710-es komparátor 30 MHz fölött meglehetősen meredeken és végérvényesen levág, még nagyobb jelre sem igen hajlandó billenni. Semmiféle gerjedési vagy egyéb rakoncátlankodásra való hajlomot nem tapasztaltunk a fenti beállításban. A 760-as komparátor 50 MHz-ig vitézkedik, fölötte kissé laposabban, de határozottan vág, leáll. Ez igényeinket bőven kielégíti, ne is nagyon próbálkozzunk gyorsabb jellel, nem érdemes, a további kapcsolási részletek szempontjából sem. A csekélyke gerjedési hajlomot segít leküzdeni a visszacsatoló ellenállásokkal paralel kötött 3 pF-os kerámia gyöngykondenzátor.

A két komparátor TTL szintű kimeneti jelét (fan-out = 1) emitterkötvetők tapogatják le és innen a jel az IC503-as IC megfelelő lábaira kerül. Az IC503 SN74S112 típusú, negatív élvezérlésű J-K flipflop, amely áramkörből a tok két darabot tartalmaz. Az egyik J-K az „A”, a másik J-K a „B” fűrészel-generátorban kapott (azonos) szerepet, egyébként működésük egymástól független. Mindkét áramkörben a triggerjel a J-K CLOCK bemenetére kerül.

A pozitívba haladó fűrészel Miller-integrátoros műveleti erősítő állítja elő. Néhány szót kell szólnunk azonban – és épp ezen a helyen – a pontosságról, linearitásról, majd meglátjuk, miért is.

A szerző ifjabb éveiben részletes hibaanalízist végzett az oszcilloszkópok eltérítési pontosságával, linearitásával kapcsolatban. Ezen vizsgálatok célja annak felderítése volt, hogy hol érdemes, sőt kell, viszont hol felesleges vagy hatástalan fokozni a pontosságot az áramköri ráfordítások útján. Kiderült néhány közhely és néhány szomorú tény is. Amatőr szempontokra fordítva az akkor nyert és a későbbiek során sokszorosán beigazolódott tanulságot, a következők mondhatók. Az elektroncsőgyárak – tekintet nélkül az országra és a kontinensre – csak meglehetősen nagy hibával képesek katódsugárcső sorozatgyártásra. A gyárakból kikerülő elsőosztályú és nem egy esetben egy jobb autó árban forgalmazott(!) csövek linearitása gyakorta – a katalógus szerint is! – nem éri el pl. a közepes minőségű Deprez-műszer ilyesfajta jellemzőit. A gyakorlatban a szórás igen nagy (vannak véletlenül nagyon jól sikerült csövpéldányok is), és végül az a példány, ami mostanában százféle okból is kiürsítésre kerül és eljut az amatőrhöz, már bizony átesett egy-két szűrővizsgálaton, és valahol ezért s azért nem felelt meg. Az okok között igen sokszor szerepel a hiányos fókusz, a gyenge linearitás, a hordó- vagy pámotorzítású emyőkép.

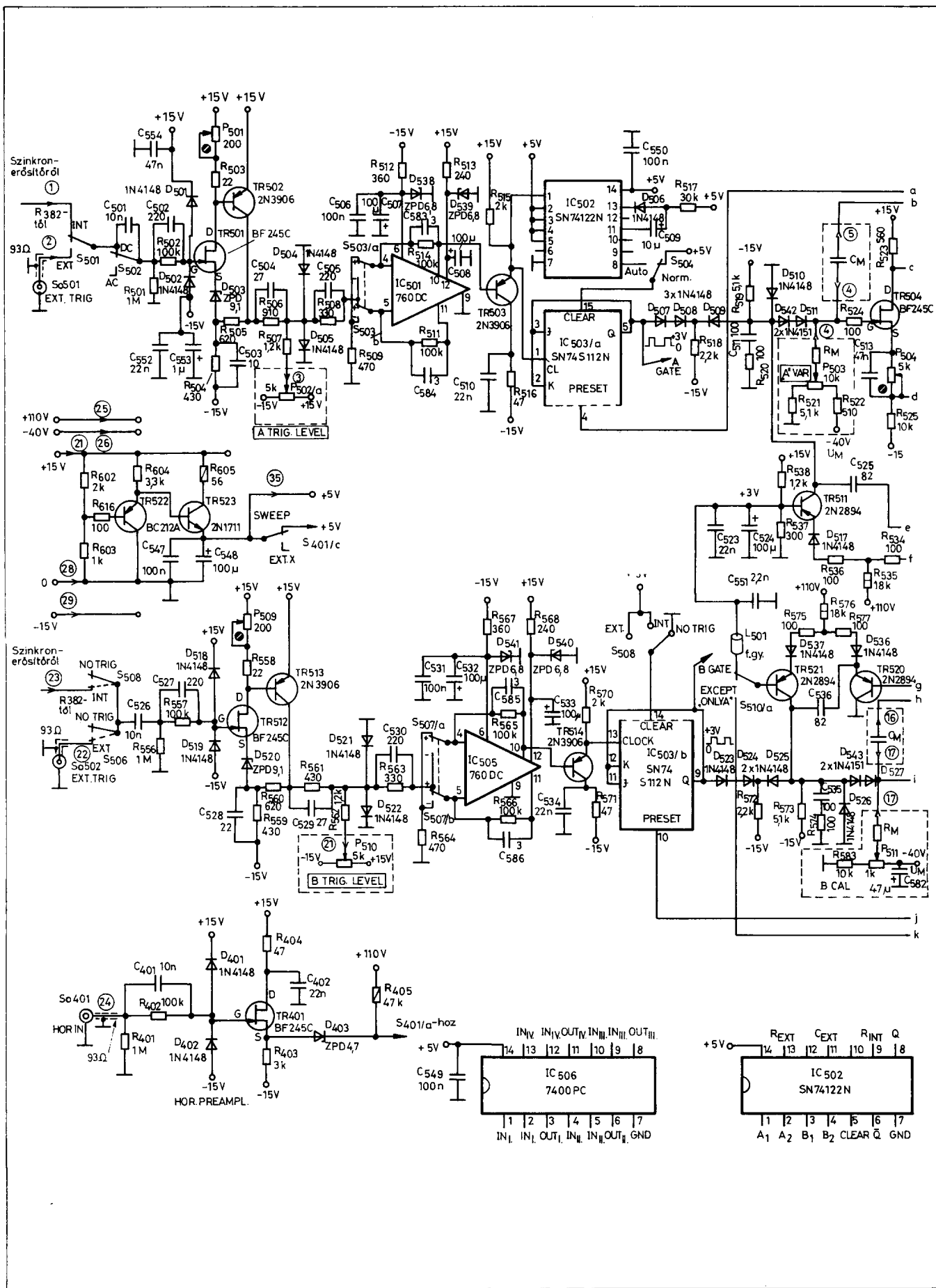
Példaképpen kiragadva a Telefunken D14-11 típusú, az EMG-ben egy időben tömegesen (ezrével) beépített csőtípus, már a katalógus 2% linearitáshibát enged meg a képernyő középső 80%-án belül (átlag 0,5%-os és 0,2%-os Deprez-műszert is...). S hogy ezen tartományon kívül milyenek a viszonyok? Arról hallgat a fáma, de reklamálni csak az előbbi adat túllépése esetén lehet.

Miért érdekes mindez? Azért, mert a végső pontosságot a katódsugárcső határozza meg, 0 hibaszázalékos meghajtás esetén is van komoly mérési hiba. Ehhez azonban hozzájön az időeltérítő generátor linearitáshibája (görcsült a fűrészel) és a vízszintes meghajtóerősítő a maga kivezérlési problémáival (nagyjelu torzítás, slew-rate, elmelegedés stb.). Ebből könnyen összejön 5-6% összhiba, ami aztán végképp nem csekélység. Esetünkben pedig arra is mód van, hogy az „A” fűrészel hibáját alaposan felnyújtva, lupé alatt tekintsük meg...

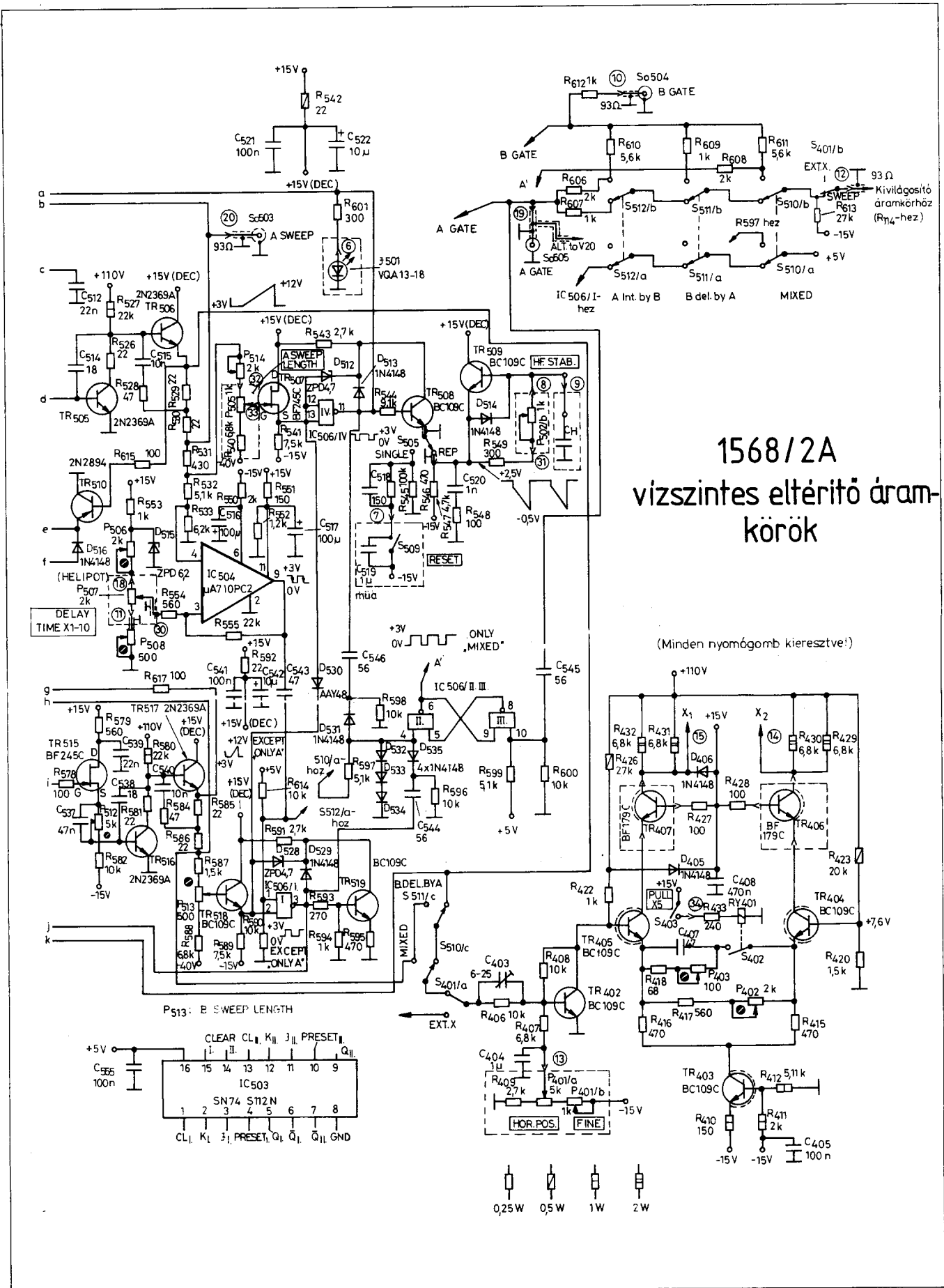
Mindezt azért kellett elővezetni, mert szakmai körökben többször felmerült a fűrészelgenerátor linearitási pontosságának növelése, az eredő mérési hiba csökkentése érdekében. Sőt, voltak, akik elő is álltak a megfelelő szuper-precíziós, ámde pl. a most ismertettől ötszörte bonyolultabb fűrészelgenerátorral. Esetünkben – ebben az ár- és bonyolultság-kategóriában – a bemutatott háromtranzisztoros, Miller-integrátoros fűrészel-generátor önmagában olyan jó minőségű, hogy linearitáshibája (különösen a közepes sebességtartományokban) tizedszázalék nagyságrendű, így elhanyagolható pl. a katalógusbeli KS-csőhöz, pláne egy valóságos, kézen-közön megvásárolt példányhoz képest. A végső pontosságot azonban számos tényező határozza meg, s a készülék felhasználóját végképp nem érdekli, miért is mér 4 V helyett 5 V-ot készülékével. Kit érdekel külön, hogy torz-e a cső rajza, vagy pontatlannok-e az osztók vagy nemlineáris-e a meghajtóerősítő karakterisztikája... Esetünkben ez végül is azt jelenti, hogy az eredeti – olcsó árkategóriájú – gyári készülék ilyen s olyan mérési feltételek és előírások mellett a specifikáció és a tapasztalatok szerint 3 ... 8 % körüli időmérési hibával terhelte. Várhatóan ezt az értéket fogjuk tehát mi is elérni egy precíz utánépítés és gondos hitelesítés után.

## Fűrészelgenerátor

A fűrészelgenerátorok egyforma felépítésűek, így csupán az egyik működését taglaljuk részletesen. Az „A” fűrészel egy háromtranzisztoros szélessávú invertáló műveleti erősítő segítségével állítjuk elő oly módon, hogy kimenetéről a bemenetére kapacitív visszacsatolással létesítsünk és ezen kondenzátor ellenőrzött töltési-kisütési jellegű görbéjét használjuk fel a hasznos jel előállítására (Miller-integrátor kapcsolás). A  $C_M$  Miller-kondenzátor  $R_M$  Miller-ellenálláson keresztül töltődik, exponenciális jellegű görbével. Mivel azonban ez a kondenzátor egy erősítőben mint Miller-kapacitás szerepel, az erősítő ellenőrzi a töltési folyamatot és azt az erősítése mértékében linearizálni igyekszik. Első közelítésben elfogadhatjuk azt a szabályt, hogy pl. százszoros erősítésnél az eredeti exponenciális görbe linearitáshibája nagyjából a századrészére csökken. Számszerűen ez azt jelenti, hogy amennyiben az exponenciális töltési jellegű görbe akkora (első) szakaszt használjuk fel céljainkra, amely mellett kb. 20 ... 30%-os linearitáshiba lenne a fűrészelben, akkor ez a műveleti erősítő segítségével 0,2 ... 0,3%-ra csökkenthető le, ami nem rossz érték és számszerűleg kb. meg is felel a valóságnak, a mérhető adatoknak. A tényleges áramkörben azonban több tényező is módosíthatja az előbbi



3. ábra. A Type 1568/2A oszcilloszkóp kettős



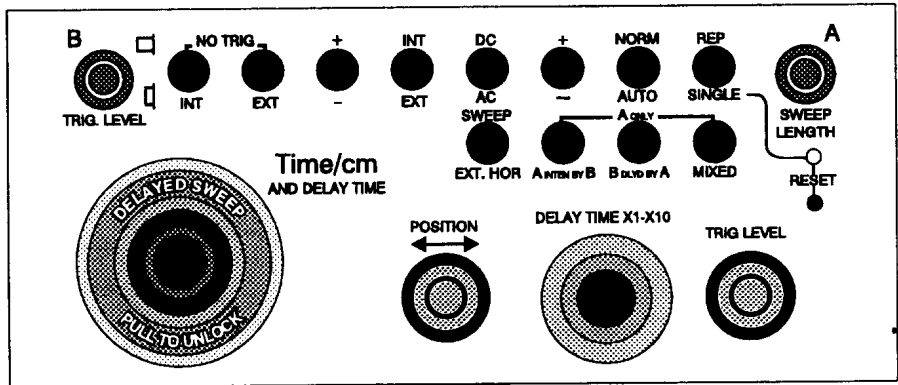
időeltérítő rendszerének kapcsolási rajza

értéket: a lassúbb fűrészeleknél a félvezetők az erősítőben és másutt saját melegedésükkel követik a jel változását (az  $U_{EB}$  feszültség „utána megy” a jelnek) s így az eredő hibát túl- vagy alulkompenzálják, módosítják, másrészt az erősítő nagyfrekvenciás viselkedése bonyolult módon hat ki a jel pontosságára. A nagyobb frekvencián (mondjuk  $A_u = 100$ -ról  $A_u = 50$ -re, vagy 20-ra) lecsökkenő feszültség-erősítés kevésbé képes az eredeti hiba kompenzálására, s a fűrészel jóval görbébb lesz, teteje kissé már lekonyul, így a képernyőn a jobb oldalon kissé sűrűsödnek a jelek a bal oldalhoz képest. Másrészt a műveleti erősítő jórészt ellenőrizhetetlen fázismenete (jelentős fázistolása) az igen nagy frekvenciák környezetében döntően befolyásolja a linearitást a gyorsabb fűrészeleknél akkor is, ha egyébként az erősítés nem változna. Ezen s más hatások eredményeként a pontosság és linearitás (a kettő most alig választható el egymástól) esetünkben is és a gyártott ipari vagy labor-szkópok esetében is a középső eltérési sebességtartományokban a legjobban, alul és felül viszont szerényebbek az adatok.

A fűrészel előállításának lényege az, hogy a beállítható értékű Miller-kondenzátor egy meghatározott időpillanatban töltődni kezd egy beállítható értékű feszültségzintről, egy beállítható Miller-ellenálláson keresztül. A kimeneti jel futási sebessége egyenesen arányos ezen feszültséggel és fordítottan arányos az ellenállás valamint a kondenzátor értékével. A kimeneten jelentkező, emelkedő értékű feszültség (esetünkben pozitívba haladó fűrészel) az időben kedvező lineárisan változik, mondhatni, egyenletes meredekségű, fűrészfog alakú. A teljes periódus úgy alakul ki, hogy egy kapcsolóáramkör egy meghatározott ponton megszaktítja a jel pozitívba haladását és kisüti a kondenzátort. Ez a fűrészel negatív irányú futását alakítja ki, melynek jellege szabályozatlan, meglehetősen bonyolult módon kialakuló, jórészt az exponenciálisra hasonlító, többidőállandós jelalak. Tulajdonképpen formája számunkra közömbös, csupán az a kedvező, ha ezen visszafutó jelszakasz meglehetősen gyors, lehetőleg sokkal gyorsabb, mint a lineáris, számunkra fontos aktív, felfutó szakasz.

Természetesen az áramkör és maga a készülék ismét nem lehet gyorsabb önmagánál, s így a leggyorsabb futási tartományokban a fel- és lefutási szakasz gyakorlatilag egyforma, esetleg a visszafutás – az ellenőrizetlen, negatív visszacsatolás nélküli futás és egyéb hatások folytán – lehet kissé (pl. 10 ... 50%-kal) lassabb, mint a felfutás. A sebesség (sávszélesség) vizsgálatánál azt sem szabad elfelejtenünk, hogy a fűrészáramkör kimeneti jele a vízszintes végerősítőn jelenik meg, s annak nagyfrekvenciás viselkedése több mint jelentős módon szól bele a leggyorsabb tartományok képernyőn tapasztalható futási sebesség-pontosságába és a linearitásba. Voltaképp egy jól megtervezett készülék áramkörei optimálisra össze vannak hangolva, saját ár- és műszaki kategóriájának megfelelően.

Esetünkben – a horizontális végerősítőnél – meglehetősen különleges a kívánalom, a fűrészel erősítésének igénye miatt. Amíg valamely függőleges erősítőnél különféle kompenzálásokkal mód van némi jelalakromlás árán a sebesség jelentős növelésére, a vízszintes erősítőben ez járhatatlan út. A fűrészel spektruma igen széles, de a harmonikusok intenzitása a magasabb frekvenciákon meglehetősen lineárisan és lassan csökken. Ezt azt jelenti, hogy a vízszintes végerősítő a határfrekvencia tágabb környezetében nem rendelkezhet akármilyen frekvencia- és fázismentel, mert kedvezőtlen esetben (hullámos frekvenciamenetnél, gyorsan és jelentősen változó fázistolásnál) a képernyőn a lineáris eltér-



4. ábra. Az előlap részlete a kezelőszervekkel. A fűrészpanel a két kapcsológomb sor között helyezkedik el, a kapcsolók ugyanis a panelba vannak ültetve

rítés nem valósítható meg, az eredetileg kifogástalan fűrészel torz, hullámos, töréses lesz. Sajnos, nem kicsiny hibáról van szó, hanem a helyzet rosszabb is lehet, mint azt elképzelni tudánk. A torzítás pl. minden sebességtartományban más és más jellegű lesz, a hiba pl. könnyen elérheti a  $\pm 50\%$ -ot, a képernyőn cm-ről cm-re változik az eltérés sebessége és a hiba előjele(!), így a készülékkel indikálni lehet, de mérni nem.

Esetünkben ez azért is fontos, hiszen az időnyújtás segítségével éppen meglehetősen pontosan szeretnénk mérni. Így tehát a vízszintes erősítőt a „nyers erő” módszere szerint helyből kellő minőségűre kell építeni (gyors tranzisztor, kis munkaellenállás, célszerű munkaponti áram és pl. kaszkód kivétel) és a frekvenciamenet kompenzációját el kell felejtünk.

Nos, a körvonalazott sebességi igények alapján kifejlesztett fűrészáramkör állítja elő a fűrészellet. A műveleti erősítő (pl. az „A” fűrészen TR504 - TR505 - TR506) erősítését a földelt emitteres TR505 (középső fokozat) határozza meg. Ennek a lehetőségek szerinti legnagyobb sávszélességéről és a kimeneti jel kisimpedanciás elvezetéséről a kimeneti emitterkövető, TR506 gondoskodik. A bemenetet a lehető legnagyobb impedanciájúra a TR504 source-követő alakítja ki. A negatív visszacsatolás következtében kritikus nagyfrekvenciás viselkedést javítja a földelt emitteres fokozat C514-es visszacsatoló kondenzátora és a kimeneti emitterkövető bázis-emittere közötti soros RC-tag (C515 + R528). Ezek a fázistolás tagok a 2N2369A tranzisztor esetében a teljes üzemi frekvenciatartományban kedvező fázismentel alakítanak ki és lehetővé teszik a kedvező linearitású (gyors) jel előállítását. Valamelyik fázisjavító tag hiánya, szakadása azt eredményezheti, hogy a fűrészellet kis amplitúdójú, az üzemi frekvenciához mérten rendkívül gyors (a néhány 100 MHz nagyságrendjébe tartozó) gerjedés ül, amit esetleg ki sem tudunk mérni a rendelkezésünkre álló műszerekkel.

A „Miller-tranzisztor”-nak is becézett földelt emitteres fokozat a kellő linearitás igénye folytán igen nagy (de meglehetősen közömbös értékű) tápfeszültségről üzemel. Ha az áramkörben valamely ok miatt valahol szakadás vagy zárlat van (pl. a bemenés alatt, vagy meghibásodás folytán), a műveleti erősítő szélső üzemi feszültségállapotot vesz fel. Ez azzal jár, hogy a TR505 leültetődik, kollektorán 1 ... 4 V körüli stabil feszültség áll be, ami kellemetlen, de nem veszélyes. Ha azonban ezt a tranzisztor bámmilyen hatás a lezárás irányába vezérli, kollektorfeszültsége megszabad a tápfeszültség irányába. Ez addig nem baj, amíg a kollektorra csatlakozó kimeneti emitterkövető helyesen van bekötve és kifogástalanul üzemel. A Miller-tranzisztor pozi-

tívba szaladó kollektorfeszültségét ugyanis a TR506 ekkor kinyitó kollektor-bázis diódájával – valamivel a 15 V-os tápfeszültség fölött – megfogja, az így kialakuló nyitóáramot pedig a Miller-tranzisztor munkaelenállása korlátozza.

Ha viszont az áramkör épp azért nem működik, mert valami probléma van a kimeneti emitterkövetővel, szerencsétlen esetben a Miller-tranzisztor kollektorfeszültsége képes ellenőrzés nélkül növekedni, pl. felszaladni +100 V-ra. Ez azonos a Miller-tranzisztor halálával. A sok takarékoskodás közepette a kapcsolásból kispórolták (többek közt) azt a védődiódát, amely kifejezetten az ilyen esetekre volt beépítve hasonló más készülékekben (fűrésztűvivel a gyereket is...). Akkor járunk el körültekintően, ha – legalább a bemenés idejére, de akár örökre is – a Miller-tranzisztor kollektorát egy záróirányú diódával felkötjük a +15 V-os feszültségre (katód a +15 V-on). Ez üzem közben olyan, mintha ott sem lenne, kiakadással viszont kinyit és megvédi a Miller-tranzisztorát az átütés ellen.

A beépített BF245C FET  $U_{GS}$  feszültsége rendkívüli módon szór. Egy átlagos FET munkapontba állítása a source-körben lévő soros potival beállítható, de találhatunk olyan eszközt is, amelyhez a poti értékét kissé meg kell növelnünk. Helyes beállítás esetén a Miller-tranzisztor kollektorában kb. +3 V és +13,5 V között változó fűrészel jelenik meg. (Elvileg a pontos amplitúdó  $10,5 V_{cs-cs}$  lenne, de ez csak a közepes futási sebességekre érvényes. Gyorsabb jeleknél a fűrészel nagysága kissé megnövekedhet.)

A műveleti erősítő kimenőfeszültsége a kimeneti emitterkövető egyik emitterellenállás-leágazásáról a bemeneti gate vezetékre vissza van csatlakoztatva a Miller-kondenzátorral. A fázisfordítás miatt ez negatív visszacsatolást jelent, miáltal minden változást stabilizálni igyekszik az erősítő, így a töltési karakterisztika görbült-ségét is.

A bemeneti vezetékre csatlakozik még a Miller-ellenállás is, amelyen keresztül a Miller kondenzátor – ha erre lehetősége van – feltöltődhet. A negatív visszacsatolás következtében a töltés közel állandó árammal történik, lineáris feszültségváltozást eredményezve a kimeneten. Mivel a Miller-ellenállás negatív tápfeszültségre van kötve, a fázisfordítás miatt a kimeneten a töltési szakasz során pozitívba haladó fűrészellet kapunk.

A futási sebességet beállító három ( $R_M$ ,  $C_M$  és  $U_M$ ) tényező változtatható, beállítható. A kondenzátorok és az ellenállások célszerű elrendezésben egy meglehetősen bonyolult mechanikai kivitelű tárcsáskapcsoló rendszerre vannak telepítve. A kapcsoló a közismert 26-állású típus, némi tárcsája csak a szerelést könnyíti meg (ki-