

Beszámoló a nyolcadik Európai Hálózatelméleti és Áramkörtervezési Konferenciáról

A kétévenként rendezett Európai Hálózatelméleti és Áramkörtervezési Konferenciát (ECCTD) 1987-ben Párizsban tartották. Hivatalos adatok szerint a konferencián 220-an vettek részt. A dominánsan Európai szakemberek mellett a Konferenciára más kontinensek országaiból (USA, Kanada, Japán, Egyiptom, Izrael, Brazília, Kína) is jöttek résztvevők.

A konferencia témái igen széles területet fedtek le, a klasszikus hálózatelméleti kérdésektől egészen az elektronika legújabb irányzatainak problémájáig. A szakmai színvonal magas volt és az elméleti kérdések domináltak. Fontosság vagy újdonság szempontjából nehéz lenne bármelyik témakört is kiemelni, de azt mindenképpen megjegyezhetjük, hogy nagy teret kapott a nemlineáris áramkörök káotikus jelenségeinek tárgyalása és nagy érdeklődés kísérte a silicon compiler-ekről szóló előadásokat. A hagyományoktól eltérően nem szerveztek plenáris előadásokat. A téma sokszínűségére jellemző, hogy a programot sok szekcióra bontva bonyolították le:

- általános hálózat elmélet,
- nemlineáris áramkörök,
- káotikus jelenségek a nemlineáris áramkörökben,
- szűrők,
- adaptív szűrés,
- SC-áramkörök,
- SC-áramkörök analízis módszerei,
- SC-áramkörök szintézise,
- nagy méretű áramkörök szimulációja,
- jelfeldolgozás,
- passzív hálózatok,
- szélessávú illesztés,
- digitális jelfeldolgozás,
- digitális szűrés,
- 2-D digitális szűrés,
- analóg áramkörök,
- aktív RC-hálózatok
- aktív RC és MOS integrált folyamatos idejű szűrők,
- integrált áramkör szintézis,
- CAD-eszközök,
- mesterséges intelligencia az áramkörökben és rendszerekben,
- silicon complierek.

A továbbiakban azon szekciók legjelentősebb előadásait ismertetjük, amelyeknek munkájában ezen beszámoló szerzői szakmai érdeklődésüknek megfelelően résztvettek.

A számítógéppel segített tervezés aktuális témái az áramkörök méretének növekedéséből adódó

szimulációs problémák és a szimuláció pontosságának kérdése. Van Eijnhoven (Eindhoven, Hollandia) egy szakaszonként lineáris (piecewise linear) szimulátort ismertetett. C. H. Carlin (EPFL Lausanne) VLSI-áramkörök időtartománybeli analízisére (MOSART-program) a waveform relaxációs eljárást használja. A hálózatot erősen összefüggő részekre particionálja, amelyek analízisét függetlenül végzi (a részek összekapcsolásánál a feszültségek átadásáról gondoskodik). A fenti módszerrel több mint 10 000 tranzisztorból álló hálózat analízisét is elvégezték a SPICE-programhoz képest egy nagyságrenddel rövidebb idő alatt. A Delft-i Egyetem kutatóinak előadásai-ból egy olyan tervező rendszer körvonalai rajzolódtak ki, amely az algoritmustól az azt realizáló áramkör gyártási dokumentációjáig terjed. K. Jainandunsing rögzített méretű systolikus array-k szisztematikus tervezését, de Lange a hierarchikus layoutból a kapcsolási rajz visszaállítását, R. Nouta statikus RAM layout generálását az elektromos paraméterek figyelembevételével ismertette. Mlinsky (Karlsruhe-i Egyetem) gate array layout tervező rendszert mutatott be, amely a kapcsolási rajzból megtervezi a cellák elrendezését és a huzalozást. A tervezési idő 227 cella és 1158 összeköttetés esetén 1451 sec (elrendezés 611 sec, globális huzalozás 630 sec, csatorna huzalozás 210 sec) egy VAX-750 számítógépen. Fukui (Osaka, Japán) előadása nagy funkcionális blokkok közötti huzalozás tervezéssel foglalkozott. A globális huzalozás során a kritikus jelkésleltetéseket is figyelembe veszik. Érdekes és a fantáziát felcsigázó előadást tartott A. Maruani (ENST, Páris) Highly parallel neural networks címmel, annak ellenére, hogy csak néhány probléma felvetésére és néhány kísérlet ismertetésére (travelling salesman problem) szorítkozott.

A különböző fizikai rendszerekben fellépő káotikus jelenségekről az elmúlt években igen sok cikk és tanulmány jelent meg és a konferencián is három szekcióülés szinte kizárólag az áramkörökben fellépő bifurkációs és káotikus jelenségek vizsgálatával foglalkozott. A prof. Hasler által szervezett szekcióülések átfogó képet adtak egyrészt a különböző területeken alkalmazott vizsgálati módszerekről, másrészt a különféle áramköröknél elért konkrét eredményekről. Az alkalmazott vizsgálati módszerek alapján az elhangzott előadások három csoportba sorolhatók:

- numerikus módszerek, azaz digitális számítógép alkalmazása,
- analóg számítógép alkalmazása,
- analitikus vizsgálatok.

A káotikus jelenségek numerikus vizsgálatáról elsősorban japán kutatók számoltak be. A vizsgálatok eredményeit fázissíkon adták meg. A numerikus módszerek hátrányai az előadásokat követő viták alapján fogalmazhatók meg: (i) a fázisportrék generálása igen számításigényes, például a japán kutatók egy fázisportré meghatározására kb. két hónap gépidőt fordítottak, (ii) a számítások során fellépő kerekítési hibák halmozódása megkérdőjelezi a kapott eredmények elfogadhatóságát. Ennek oka az, hogy káotikus állapotban a kezdeti feltételek tetszőlegesen kis mértékű megváltozásához a vizsgált rendszer teljesen eltérő viselkedése tartozik. Mivel a kerekítési hibák illetve a kezdeti feltételek megváltozása azonos hatást fejt ki, elvileg is kérdéses a fázisportré meghatározásának lehetősége numerikus módszerekkel.

Két előadás a fázisportré analóg számítógéppel történő meghatározásáról számolt be. A módszer előnye a gyorsaság, egy fázisportré meghatározásához mindössze néhány órára van szükség. A viták során kiderült, hogy a módszer használhatósága itt is megkérdőjelezhető, ugyanis a leképzés megvalósítása során fellépő hatások (ofszet, drift, paraméter instabilitás) teszik kétségesé az eredmények használhatóságát.

A fentiekben vázolt problémák miatt a rendszerek káotikus viselkedése legeredményesebben az analitikus módszerek segítségével vizsgálható. A módszer hátránya, hogy a kezelhetőség és a kiértékelhetőség megköveteli az alkalmazott modellek nagymértékű egyszerűsítését. C. Mira (INSA, Toulouse), előadásában konkrét áramkörök vizsgálata helyett a leképzések káotikus viselkedését elemezte és így általános érvényű megállapításokhoz jutott. Az analóg számítógépes módszerek közül L. O. Chua (Berkeley, Kalifornia) diszkrét idejű leképzést valósított meg SC-áramkörökkel. A diszkrét idejű fáziszárt hurkokban fellépő káotikus és bifurkációs jelenségekkel két lengyel előadó (J. Grudniewicz, Varsó-i és M. Zoltowski, Gdansk-i Egyetem) foglalkozott.

A nemlineáris áramkörök szekcióban, amely helyet adott a káotikus jelenségek tárgyalásának is, három előadás foglalkozott a VLSI áramkörökben alkalmazott MOSFET-cellák modellezési problémáival. J. Gavan (Holon, Izrael) előadása az L-sávban működő, kisteljesítményű és nagy hatásfokú diódás frekvenciasokszorozó áramkörök tervezési problémáit ismertette. Kolunbán Géza (TKI, Budapest) előadása a mintavételezett fáziszárt hurkok tranzienst, modulációs és zaj analízisével foglalkozott. Előadások hangzottak el a Van der Pol-egyenlet nagy nemlinearitás melletti megoldásáról illetve a nagy nemlinearitású áramköröket leíró Volterra sorok konvergenciájáról.

A kapcsolt-kapacitású (SC) áramkörök analízis, szintézis és MOS-integrált megvalósítási kérdéseivel három szekció foglalkozott. A Moschytz-féle leírás alapuló, ideális kétfázisú áramköröket kezelő numerikus és szimbólikus analízis programról számolt be J. Cajka (Brno, Csehszlovákia), amely személyi számítógépre készült. Trón Tibor

(BME, Budapest) az *N*-fázisú ideális SC-hálózatok paraméter függésével és érzékenységgel foglalkozott és két számítógép programot ismertetett. Három előadás foglalkozott a valóságos áramkörök hatásának figyelembe vételével. M. Nalecz (Varsó, Lengyelország) egypólusú műveleti erősítő modellt alkalmazva adott zárt formulát az átvitelre. M. Fahmy (Assiut, Egyiptom) hasonló modellt alkalmazva az időtartománybeli analízisből nyert impulzus válasz függvény alapján adott eljárást a *z*-tartománybeli átvitel meghatározására. E témakörben a legerősebb Tóth és Simonyi (TKI, Budapest) előadása volt, akik a MOS-kapcsolók és a frekvenciafüggő műveleti erősítők modellezéséhez szükséges ellenállást mint áramköri elemet is kezelő zárt végformulás analízisük általánosítását mutatták be nemreguláris esetre és többszörös sajátértékekre. Az SC-téma új és érdekes színt foltja volt a hibadiagnosztika megjelenése. Az A. Salama (Kairó, Egyiptom) által ismertetett módszer a közismert hibaszóráton alapul, amely SC-hálózatok esetén impulzus válasz függvényeket tartalmaz.

Az SC-áramkörök tervezésével foglalkozó szekcióban a legnagyobb érdeklődést azok a hozzájárulások váltották ki, amelyek célja az SC-technika kiterjesztése a GaAs technológiára. Itt a cél technológiából adódó nagy ofszet és kis dc-erősítés hatásának csökkentése kapcsolástechnikával. Érdemes megjegyezni, hogy a GaAs technológia lényegesen kisebb szórt kapacitásokkal képes az elemeket megvalósítani. G. Temes (UCLA, Kalifornia) a kis dc és frekvenciafüggő erősítésre és ofszetlel érzéketlen integrátorokat és erősítőket mutatott be. Fülöp és F. Montecchi (BME, Budapest, Páviai Egyetem Olaszország) olyan két-integrátoros hurkot dolgoztak ki, amelyekben megoldották az ofszet érzéketlenség és a folytonos-idejű visszacsatolás egymásnak ellentmondó problémáját és ennek következtében az áramkör előnyös GaAs technológiára.

Új szintézis eljárást S. Scanlan (Dublin, Írország) ismertetett amellyel átviteli zérusokat nem tartalmazó aluláteresztő hullám SC-szűrők tervezhetők. Ugyancsak új teljesen-differenciális felépítésű negyedfokú szűrő tagokat publikált T. Deliyannis (Patras, Görögország).

A frekvenciafüggő erősítés hatásának csökkentésével két előadás foglalkozott. A. Konczykowska (CNET, Franciaország) az ezen hatásra kis érzékenységű másodfokú szűrő alaptagot ismertetett. Van Peteghem (Texas, USA) egy kompenzáló technikát mutatott be, amellyel az OTÁ-t alkalmazó SC-szűrőkben az aktív elem frekvenciafüggésének hatása csökkenthető.

Érdemes felfigyelni arra a jelenségre, hogy ismét komoly kutatások folynak a MOS-integrált szűrők analóg folytonos-idejű megvalósítására. Egy meghívott előadásban M. Ghausi (UC Davis, USA) elemezte és összehasonlította a MOS-integrált analóg szűrők folytonos- és diszkrét-idejű (SC) realizálásának lehetőségeit. A folytonos-idejű technikában két megközelítés bontakozott ki: (i) ellenállás realizálás elzáródás mentes tranzisztorral,

(ii) műveleti meredekség erősítőt és földelt kapacitást (TAC) alkalmazó kapcsolások. Mindkét megközelítésről hangzottak el beszámolók, amelyek közül a legérdekesebbeket ismertetjük. M. Ghauri egy új technikát javasolt a MOS-tranzisztorral realizált ellenállás feszültség függésének csökkentésére. K. Peterson (Texas, USA) kimutatta, hogy nagyfrekvenciás szempontból a TAC-integrátor előnyösebb mint a visszacsatolt műveleti erősítővel realizált integrátor. E. Sanchez-Sinencio (Texas, USA) egy két-integrátoros teljesen-differenciális topológiájú TAC másodfokú alaptagot mutatott be, amelyben a szűrő végparaméterek egymástól függetlenül állíthatók be.

A digitális szűrőkről tartott előadásokat élénk érdeklődés kísérte annak ellenére, hogy áttörésnek számító új eredményekről most nem hallhattunk. Érdemes kiemelni T. Sukuvaara (Tampere, Finnország) előadását a digitális FIR-median hybrid szűrőről, amellyel zajos periódikus jelek hatékonyan megtisztíthatók az additív zajtól, miközben a hasznos jel alig sérül. Több előadás foglalkozott a hullám-digitális szűrőkkel, amelyek közül talán a legérdekesebb X. Jiang (Bochum, NSZK) hozzájárulása volt, aki a dinamika tartomány növelésére mutatott be egy új módszert. A kerekítési zaj csökkentésére J. Beller (Stuttgart, NSZK) javasolt egy eljárást, míg R. Groen (Eindhoven, Hollandia) a csonkolás következtében keletkező kvantálási zaj számítására adott egy modellt. K. Estola (Tampere, Finnország) a FIR-szűrők közelítőleg lineár fázisú megvalósítását ismertette, amellyel a késleltetés és a szorzások száma csökkenthető. K. Amsler (Stuttgart, NSZK) előadásában a CDS-kódot alkalmazó szorzó nélküli másodfokú szűrőkben az összeadók számának csökkentésére mutatott be eljárást. P. de Mesquita (Rio de Janeiro, Brazília) az idő- és frekvencia-tartománybeli érzékenység függvények számítására adott zárt formulákat. Ha Dawei (Tangji, Kína) kimutatta, hogy a mintavételi frekvenciák váltását több lépésben célszerű végrehajtani és a megvalósításhoz. Igen érdekes volt A. Constantinidis (London, UK) áttekintő előadása a digitális szűrőkről és a gyors diszkrét Fourier transzformációkról.

A silicon-compiler-ek először szerepeltek az ECCTD programban, így érthető, hogy igen sok hallgatója volt az előadásoknak. E. Omtzigt (Delf Hollandia) egy statikus RAM tervezéshez használt layout generátort ismertetett. Módszerük

újdonása, hogy 1μ -os technológiára normalizált cellakönyvtárt használva, a szükséges cellák aktuális méreteit a jelutakra specifikált késleltetések szétszétásával és a tranzisztorok kapacitív terhelésének figyelembe vételével határozzák meg, majd az alkalmazott technológiának megfelelően denormalizálják. M. Glésner (Darmstadt, NSZK) az ALGIC nevű silicon compiler projektről számolt be. Különös gondot fordítottak a vezérlő rész kialakítására, ahol egy kezdeti funkcionális leírásból flexibilis, optimalizált, többszintű vezérlési architektúrát generáltak. Az eddigi silicon compiler-ekhez képest az ALGIC-ot szélesebb körben tartják alkalmazhatónak és hatékonyak itélik dedikált jelfeldolgozó áramkörök full custom tervezésében is. J. Assael (CNET Franciaország), SC-szűrőkre kifejlesztett silicon compiler-t ismertetett, amely a specifikációtól a maszk generálásig automatizálja a tervezést. A rendszerben áramkör szimulációra a SCYMBAL- és a SWITCAP-programokat, a teljes tervezés ellenőrzésére az ELDO harmadik generációs szimulátort használják, amely képes a technológia parazita elemeinek figyelembevételére. Az előadó tapasztalata szerint egy teljes szűrő tervezés néhány perc alatt végezhető el VAX gépen.

A konferencia magyar résztvevői az alábbi előadásokat tartották:

T. Fülöp, F. Montecchi: Switched-capacitor filters with offset-insensitive time-continuous feedback two-integrator loops.

G. Kolumbán: Transient and noise properties of the sampled PLLs.

L. Ladvánszky: Maximum power theorem. A describing function approach.

P. Szolgay: Computer assisted „cut-and-try” design of the logic and the layout of combinatorial circuits.

L. Tóth, E. Simonyi: Explicit formulas for analyzing general RSC circuits.

T. Trón: Parameter dependence and sensitivities in switched-capacitor networks.

A konferencia anyaga két kötetben jelent meg European Conference on Circuit Theory and Design, September 1—5, 1987, Paris. Proceedings vol. 1—2. címmel és a beszámoló szerzőinél megtalálható.

*dr. Fülöp Tamás (BME HEI),
Kolumbán Géza (TKI),*

*dr. Szolgay Péter (MTA SZTAKI),
dr. Trón Tibor (BME HEI)*