



M Ű E G Y E T E M 1 7 8 2

Villamosmérnöki és Informatikai Kar
Irányítástechnika és Informatika Tanszék

Programozható analóg áramkörökből felépített rendszerek szintézise

Ph.D. Tézisfüzet

dr. Györök György

Témavezető:

Dr. Arató Péter
az MTA rendes tagja

Budapest, 2009.

1. Bevezetés

Eddigi mérnöki oktatói munkám során mindig is foglalkoztatott az analóg és digitális áramkörök és a beágyazott vezérlők együttműködésének határterülete, ipari felhasználásának, műszaki alkalmazhatóságának kérdése.

A rekonfigurálható rendszerekben az analóg áramkör, az analóg áramköri rendszer működőképességét, annak minőségét tudjuk az áramköri kapcsolás, vagy az egyes alkatrész értékek megváltoztatásával fenntartani illetve módosítani.

Programozható analóg áramkörök alkalmazásából további előnyök származnak; kisebb hely és teljesítményigényű, megbízhatóbb, a megváltozott feltételekhez jobban alkalmazkodó rendszereket hozhatunk létre. Különösen igaz ez ha a programozáshoz a mikrovezérlő adta rugalmasságot felhasználva, módosíthatjuk egy programozható analóg áramkör funkcióját, akár új topológia, akár új alkatrész paraméterek megadása révén.

Dolgozatomban a programozható analóg áramkörök megismerését, alkalmazási lehetőségeinek vizsgálatát, az áramkörök újszerű felhasználási területeinek kialakítását tűztem ki célul. A felhasználási lehetőségek közül elsősorban a konfigurálható, rekonfigurálható áramkörök különféle alkalmazásával, a robusztus analóg áramkörök, áramköri rendszerek megvalósíthatósági kérdéseivel foglalkozom. Vizsgálódásom középpontjában a beágyazott mikrovezérlők és a programozható analóg áramkörök együttműködésének kialakítása, kiterjesztése a gyártói ajánlásokban, alkalmazási példákban nem szereplő felhasználási lehetőségek állnak.

1.1. A programozható analóg áramkörök

Mintegy huszötöt éve megjelent egy újabb alkatrész, egy újabb technológia, a programozható analóg áramkör (Field-Programmable Analog Array (FPAA)). A folyamatos fejlődés eredményeként, ezek az eszközök digitális felületen programozhatóan, analóg áramköri topológiát alakítanak ki az ugyancsak programozhatóan megadott alkatrész paraméterekkel.

Az FPAA-k előnyösen használhatók különböző funkcionális egységek, áramkörök, áramköri részletek, kialakítására. Ezek az áramkörök olyan alkalmazásokban használhatók fel célszerűen, ahol fontos a felvett villamos teljesítmény alacsony volta, a kisebb fejlesztési-, illetve alkatrészki költség, a hatékony elektronikus CAD lehetősége. Jellemzően a hordozható készülékekben, analóg jelkondicionálásnál, analóg interfészekben, szűrőkben, jelforrásokban, szabályozó berendezésekben, szórakoztató elektronikai eszközökben fordulnak elő egyre gyakrabban. A felsoroltak miatt egyre növekvő igény tapasztalható az analóg áramkörök programozható áramkörökben történő megvalósítására.

Az FPAA-k jelentősége a gyorsabb gazdaságosabb áramkörtervezés terén igen

nagy. Előnyösen használható önfejlesztő áramköri alkalmazásokban [SANTINI]¹ [STOICA] [KEYMUELEN], neurális hálókbán [LEE] [GULAG], jelkondicionálásnál [KLEIN], szűrőkben [EMBABI] [ALL] [QUAN], fuzzy vezérlésekben [PIERZCHALA] és nagyfrekvenciás alkalmazásokban [GAUDET] [GULAG]. Más megközelítés szerint az FPAA-k felhasználása az analóg rendszer lineáris és nem lineáris implementációját, a megvalósítandó alkalmazás skálázhatóságát is szolgálja [BRATT] [OTH] [RAY]. Mindezekkel együtt a felsorolt előnyök nem átütők, mivel nagyon nehéz, „felhasználóbarát” FPAA-t és környezetet kialakítani. Kereskedelmi termékként kapható programozható analóg áramkörök között a piaci részesedés a kisebb, egyszerűbb architektúrájú típusok esetén nagyobb [GAUDET] [PIERZCHALA] [HALL] [HALL-2004].

Olyan javaslatok is születtek, ahol a kevert jelű architektúrát duplikálva kell kialakítani, így ez az áramkör alkalmas lesz rekonfigurálható, öntanuló eljárások algoritmusok megvalósítására a háttérben történő újraprogramozás révén [REISER].

Az FPAA alkalmazások túlnyomó többsége lehetővé teszi a felhasználónak, hogy az újra konfigurálás lehetőségével élve, az analóg áramkört a kívánt funkciónak a legmegfelelőbbben használhassa. Az FPAA-k további előnye az egyszerű beilleszthetőség nagyobb hibrid és digitális rendszerekbe.

A nagy analóg processzási igények kielégítésére fejlesztések folynak a nagy integráltságú FPAA eszközök területén, amelyekben a hagyományos FPAA funkciókon túl komplex programozható alkalmazások vannak: magasabb-rendű szűrők (Fourier-processzor), adaptív szűrő hálózatok, vektor-szorzó, mátrix-szorzó [HALL-2004].

Többértékű logikákban [PIERZCHALA], neurális hálókbán, kevert jelű processzorok digitális és analóg [MARTIN] áramkörökben, amelyekben a hagyományos mikroprocesszort egy szilícium lapkára integrálják a kis teljesítményű analóg áramköri elemekkel, kínálnak újabb alkalmazási területeket.

A programozható analóg áramkörök előnyei közé sorolható a kisebb geometriai méret, a kevesebb kivezetés, az olcsóbb tokozás, a térfogategységre jutó fajlagosan kisebb disszipáció.

A programozható analóg áramkörök terén megoldandó fejlesztések: sebesség, pontosság, digitális zaj, analóg zaj, teljesítményfelvétel, erőforrás allokálhatóság (az FPAA-k teljesítőképessége, alkatrész-szintű konfigurálhatóság), erőforrás felhasználhatóság, hatékony architektúrák, fejlesztői környezet szolgáltatásai, makrók, szimuláció, dinamikus átprogramozás [YOSHIZAWA] [EDWARD] [MÜLLER] [BAINS].

Ugyancsak a megoldandó fejlesztések közé tartozik a programozható analóg áramkörök alkalmazásainak kutatása, felhasználási lehetőségeinek kiterjesztése.

¹Irodalmi hivatkozások a dolgozatban

2. A műszaki probléma általános felvetése

A dolgozatom második fejezetében bemutattam a programozható analóg áramkörök fejlődését, alkalmazási lehetőségeit, alapvető működésüket, felépítésüket. Sokszor csak a terminológia egyértelműsítése miatt is, a funkcionális egységek milyenségét, azok működését, megvalósítási, felépítési lehetőségeit is ismertettem. Ezekkel együtt taglaltam a technológiai korlátokat, a felhasználás szempontjából fontos jellemzőket.

Az FPAA-k alapvető működését illetően két nagy csoportba sorolhatók; a diszkrét idejű és a valós idejű típusok. A két alapvető elv között a felhasználástól függően választhatunk, a megfelelő eszköz megvásárlásával, vagy akár (konfigurálással) programozással.

Az „analóg vagy digitális” polémia ebben az esetben is az „analóg és digitális” kompromisszumot eredményezi.

A legújabb programozható analóg áramköri fejlesztések, a több konfigurálható blokk, a nagyobb határfrekvencia, kisebb teljesítmény igény, komplexebb- és speciálisabb eszközök kialakítását szorgalmazzák. Egyre többre többen a számítógépes támogatottsága e fejlesztői környezeteknek, egyre nagyobb a kapcsolódási felületük más szimulációs és elektronikai CAD programokhoz. A fejlesztések ugyan csak fontosnak tartják az átkonfigurálhatóság, rekonfigurálhatóság támogatását, akár megkettőzött memória kialakításával, akár egy közreműködő mikrokontroller architektúrába integrálásával.

A bemutatott mérföldkönek számító alaptípusok, azok fejlődése, fejlődésük minősége, igazolja: A programozható analóg áramkörök jól használhatók, bizonyos előnyük más technológiákkal szemben jelentős, alkalmazási területük egyre bővül. A dinamikus átprogramozás lehetősége a legtöbb FPAA-ban támogatott vagy megoldható. Az áramkörök felhasználási, kapcsolástechnikai kialakítása további lehetőségeket kínál. A felhasználás milyenségét, az egyes gyártmányok piaci részesedést figyelve, megállapíthatjuk, hogy manapság a kapcsolt kondenzátoros, diszkrét FPAA-k a legelterjedtebbek.

Az áramkörök átkonfigurálhatósága, az áramköri multifunkcionalitás, adaptivitás lehetőség szerint már többé-kevésbé alkalmazott technika. Ennek segítségével a megváltozott körülményekhez, alkalmazási igényekhez jobban illeszkedő elektronikus megoldások készíthetők, használhatók. A hagyományos diszkrét kapcsolástechnikai elemek, alkatrészek felhasználásával, többnyire a parametrikus átkonfigurálhatóság a jellemző megvalósítás.

A konvencionális áramköri elemekkel, a nyilvánvaló kötöttségekkel, technológiai korlátokkal, lehetőség van a topológiai átkonfigurálás megvalósítására is, azonban ez a nyilvánvaló körülményesség miatt nem alkalmazott eljárás.

A parametrikus és topológiai átkonfigurálás bizonyos alkalmazásokban jelentős előnyöket nyújthat, a költséges áramköri realizálás azonban korlátozza a fel-

használás területeit.

A rekonfigurálás tovább növelheti egy analóg áramkör adaptivitását, kiszélesítheti az alkalmazás kereteit.

Robusztus analóg áramköri megoldásokkal biztosítható a konzisztens, folyamatosan magas szintű működés, amely széles tartományban skálázható, megváltoztatható. Növelhető az analóg áramköri rendszer biztonsága, határfoka, csökkenthető a teljesítményfelvétel, a karbantartási és javítási költség.

Megvalósítható a robusztus rendszer működés alatti tesztelése, kiküszöbölhető az inkorrekt jelszintek. Csökkenthető a zajnak, mint hibaforrásnak a jelentősége, megszüntethetők az esetleges túlvezérlési hibák.

A különböző vezérlési eljárások és rendszer topológiák a megjósolható és meg nem jósolható hibák esetére is adhatnak robusztus megoldást.

A robusztus rendszerek minősége tovább növelhető, ha az analóg rendszer digitális felületen keresztül kapcsolódik beágyazott vezérlőhöz, amely nem csak a rendszer topológiáját, de az egyes részegységek áramköri funkcióját is képes megváltoztatni. A fentiek alapján kínálkozik a programozható analóg áramkörök felhasználása a robusztus analóg rendszerekben.

3. A disszertáció célkitűzése

A dolgozat 2.2 részében a programozható analóg áramkörök fejlődésének és működésének leírása, értelmezése után olyan alkalmazási területeket mutattam be amelyekben, feltételezésem szerint, sikeresen alkalmazhatók a korábban bemutatott programozható analóg áramkörök. A következőkben olyan lehetséges felhasználási területeket mutatok be, amelyekben a programozható analóg áramköri megoldások további előnyöket, újszerű megoldásokat adhatnak.

Az értekezés 2.3 részében megismert programozható analóg áramköri működések és lehetőségek alapján keresek olyan új alkalmazási területeket, amelyek a hagyományos analóg áramkörökkel csak körülményesen, bonyolultan, drágán valósíthatók meg. Újraértelmezek olyan klasszikus áramköri megoldásokat, illetve újakat mutatok be, amelyekben az eddigi alkatrész készlettel, csak nehézkesen vagy egyáltalán nem lehetett megvalósítani bizonyos eljárásokat.

1. Cél: A programozható analóg áramkörök átviteli tényezőt módosító felhasználása hibrid áramkörökben

Megvizsgálom annak lehetőségét, hogy a programozható analóg áramköröket, miként tudjuk felhasználni hibrid áramkörökben, az átviteli karakterisztika módosítására. Ide értve az analóg értékkel módosított digitális transzfer karakterisztikát, illetve a digitális értékkel módosított analóg átviteli tulajdonságot is. Ezekhez a programozható analóg áramköröket vagy előrecsatoló, vagy visszacsatoló tagként kívánom felhasználni.

2. Cél: A programozható analóg áramkörök felhasználása rekonfigurálható áramkörökben

Megvizsgálom a programozható analóg áramkörök alkalmazhatóságát, a harmadik fejezetben leírt programozható analóg rendszerekben. Olyan alkalmazási területeket keresek, ahol fontosak a konfigurálhatóság és rekonfigurálhatóság által nyújtott előnyök, amelyek révén a programozható analóg áramkört tartalmazó rendszer új működési minőséget eredményez.

Megoldásokat keresek a beágyazott mikrovezérlő és a programozható analóg áramkör kooperatív együttműködésére, rámutatok az együttműködés előnyeire, az áramköri rugalmasság kihasználásának lehetőségeire.

3. Cél: Programozható áramkörök alkalmazhatósága robusztus rendszerekben

Kidolgozok olyan eljárásokat, amelyekben a programozható analóg áramkörök konfigurációs és rekonfigurációs lehetőségeinek kihasználásával a negyedik fejezetben leírt robusztus elektronikai rendszerek egyszerűbben és gazdaságosabban valósíthatók meg. Rámutatok a beágyazott mikrovezérlő és a programozható analóg áramkörök együttműködésének további lehetőségeire, előnyeire.

Olyan gyakorlati alkalmazásokat keresek, amelyekben az elvi analóg áramköri robusztusság, a fenti módon történt megvalósítása pragmatikus előnyöket jelent.

4. Cél: Önszabályozó rendszerek kialakítása programozható analóg áramkörökkel

A programozható analóg áramkörököt tartalmazó rendszer és a konfigurációs eljárás kölcsönhatásaiból származó előnyöket, lehetőségeket vizsgálom meg, tesztek ajánlásokat ezek optimális kialakítására.

Megvizsgálom nagyobb rendszerek kialakításának lehetőségét, az ebből származó előnyöket.

5. Cél: A gyakorlati alkalmazhatóság bemutatása

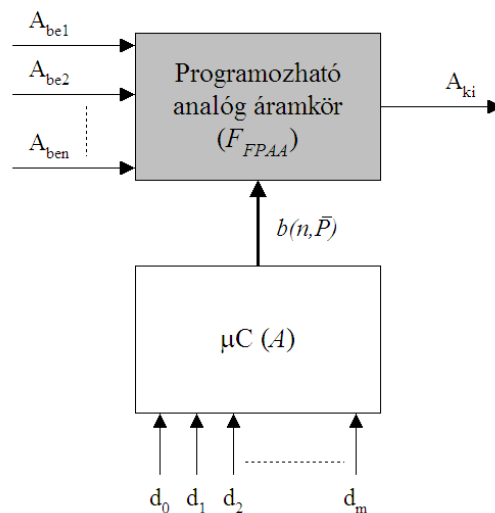
A terjedelmi korlátok miatt a fenti négy célkitűzés folyamányaként néhány gyakorlati alkalmazással is szemléltetni kívánom egyik-másik javasolt megoldás működőképességét, a leírtak használhatóságát, hasznosságát.

4. Új tudományos eredmények, tézisek

1. Tézis [P1, P9, P13]

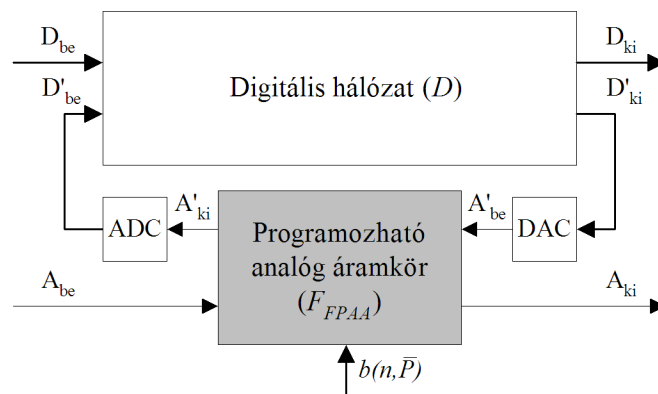
Olyan eljárást fejlesztettem ki, amely lehetővé teszi, hogy a programozható analóg áramkörök, hibrid elektronikus rendszerekben felhasználhatók digitális értékeket módosítható analóg átviteli tényezőt meghatározó rendszeralként, illetve analóg mennyiségekkel módosítható digitális logikai függvényt meghatározó eszközként, helyezkedjenek el az előreccsatoló-, vagy a visszacsatoló ágban.

1.1. Altézis. *Bebizonyítottam, hogy egy mikrovezérlő párhuzamos digitális bemeneteinek felhasználásával, a bemeneti bináris értékek és az algoritmus függvényében rekonfigurálható a programozható analóg áramkör, így kialakítva az optimális átviteli függvényt az analóg bemenetek és kimenetek között (1 ábra).*



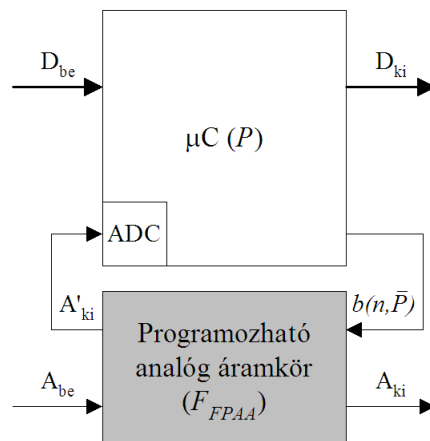
1. ábra. Programozható analóg áramkör áramköri funkciójának vezérlése digitális függvényrel.

1.2. Altézis. *Új eljárást dolgoztam ki, amelynek segítségével egy programozható analóg áramkör digitális visszacsatoló hálózatba illeszthető, a digitál-analóg átalakító — analóg bemenetek, illetve az analóg kimenetek — analóg-digitál átalakító jelút kialakításával (2 ábra).*



2. ábra. Visszacatolt digitális hálózat programozható analóg áramkör ki és beme-
neteinek keresztül

1.3. Altézés. A fentieket kiterjesztettem a mikrovezérlőben kialakított virtuális kombinációs hálózat esetére, ahol a programozható analóg áramkör áramköri funkciójának megváltoztatásával rekonfigurálással is kialakítható a visszacsatolás, a konfigurációs bemenet, analóg kimenet, analóg-digitál átalakító jelút felhasználásával (3 ábra).

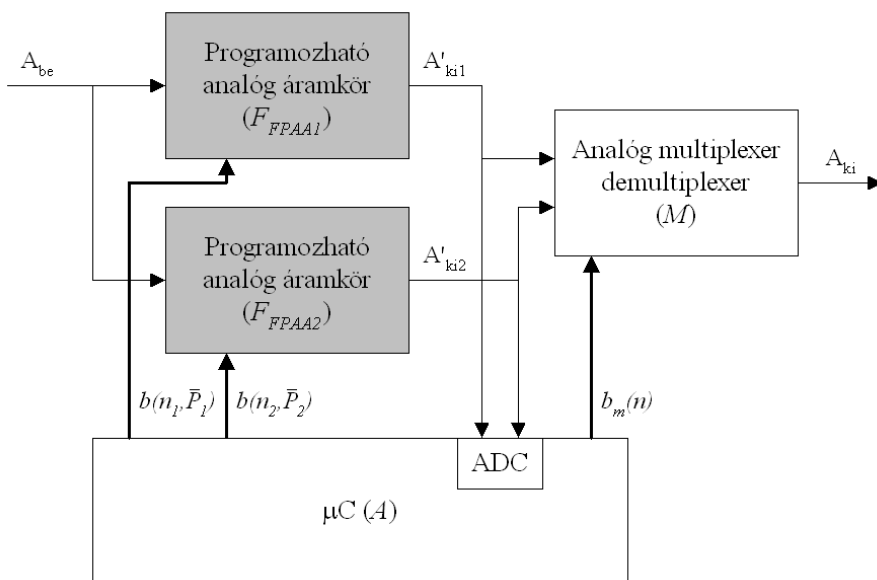


3. ábra. Mikrovezérlő és programozható analóg áramkör visszacsatolt együttműködése.

2. Tézis [P2–7, P9]

Olyan új eljárásokat dolgoztam ki, amelyeknek segítségével a programozható analóg áramkörök rendszerbeillesztési sajátosságainak figyelembevételével az alkalmazási lehetőségek, mikrovezérlő felhasználásával jelentősen kiterjeszthetők.

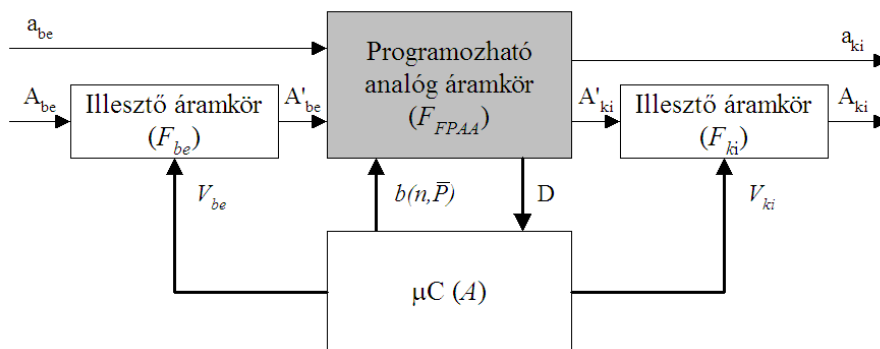
2.1. Altézis. Programozható analóg áramkörökből, mikrovezérlőből kialakítottam olyan architektúrát, amelyben áramköri funkciót tudunk változtatni, a rendszer működésének egy adottnál nem nagyobb mértékű megzavarása mellett (4 ábra).



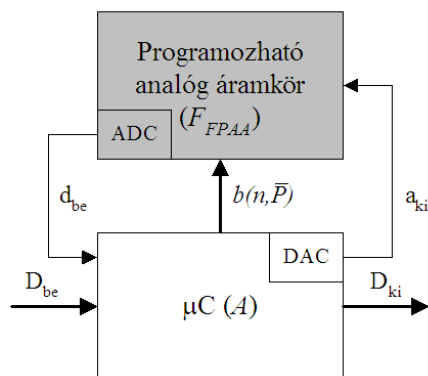
4. ábra. Áramköri funkció váltás mikrovezérlővel és programozható analóg áramkörökkel.

2.2. Altézis. Olyan új rendszerkialakítási elvet dolgoztam ki, amelyben mikrovezérlő segítségével a programozható analóg áramkörök belső állapotainak figyelésével, áramköri paraméter-tartományuk széles tartományban megnövelhető (5 ábra).

2.3. Altézis. Új rendszerkialakítást dolgoztam ki, amelyben a programozható analóg áramkör, mint koprocesszor, a mikrovezérlőtől az aktuálisan kialakítható konfigurációjának megfelelően, analóg jelfeldolgozási részfeladatokat vehet át, ami sebességnövekedést eredményez (6 ábra).

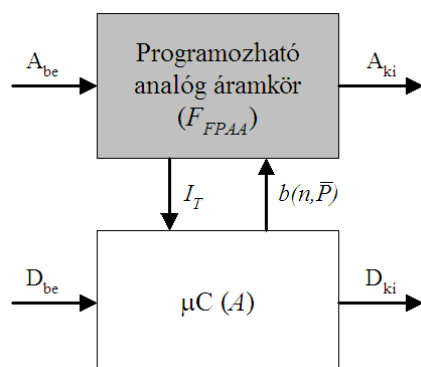


5. ábra. Programozható analóg áramkör kimeneti és bemeneti illesztő áramkörökkel mikrovezérlő környezetben.



6. ábra. Programozható analóg áramkör mint mikrovezérlővel együttműködő analóg jelfeldolgozó.

2.4. Altézis. *A mikrovezérlő és programozható analóg áramkör olyan kapcsolatot dolgoztam ki, amelyben konfigurálható módon kijelölhető áramkörüri pont paraméterének megváltozása képes rekonfigurációt igénylő program-megszakítást kiváltani (7 ábra).*

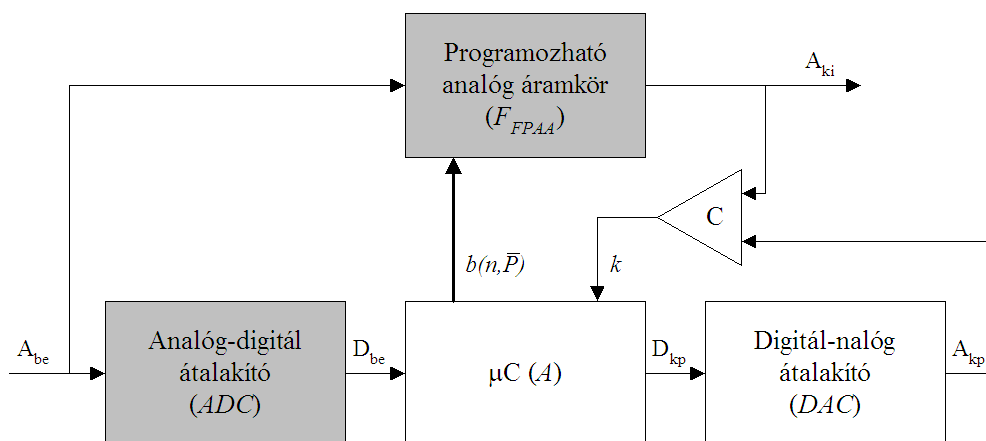


7. ábra. Mikrovezérlő és programozható analóg áramkör kapcsolata megszakítás-sal.

3. Tézis [P9–17]

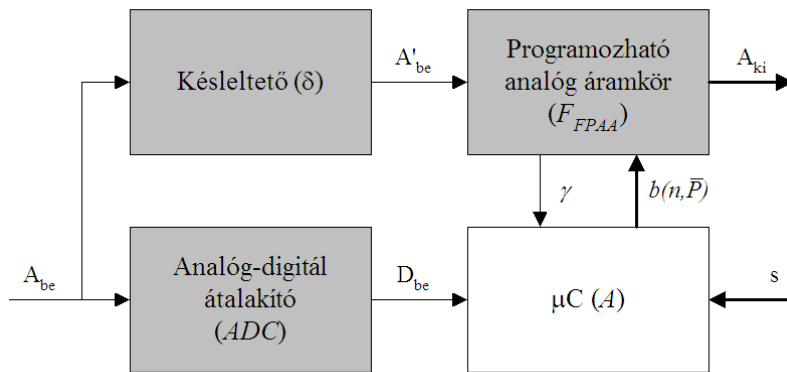
Olyan eljárásokat dolgoztam ki, amelyek programozható analóg áramkörök és mikrovezérlő megfelelő kapcsolatával, rekonfiguráció alkalmazásával, robusztus elektronikai megoldásokat eredményeznek.

3.1. Altézis. *Kidolgoztam egy eljárást, amelyben programozható analóg áramkör és mikrovezérlő együttműködésével karakterisztikus predikció valósítható meg (8 ábra).*



8. ábra. Robusztus elektronikus áramkör kialakítása karakterisztikus predikcióval.

3.2. Altézis. Mikrovezérlő és programozható analóg áramkör felhasználásával, olyan új rendszerkialakítási elvet dolgoztam ki, amely prediktív rekonfigurálást valósít meg. (9 ábra)



9. ábra. Robusztus elektronikus áramkör kialakítása prediktív vezérléssel.

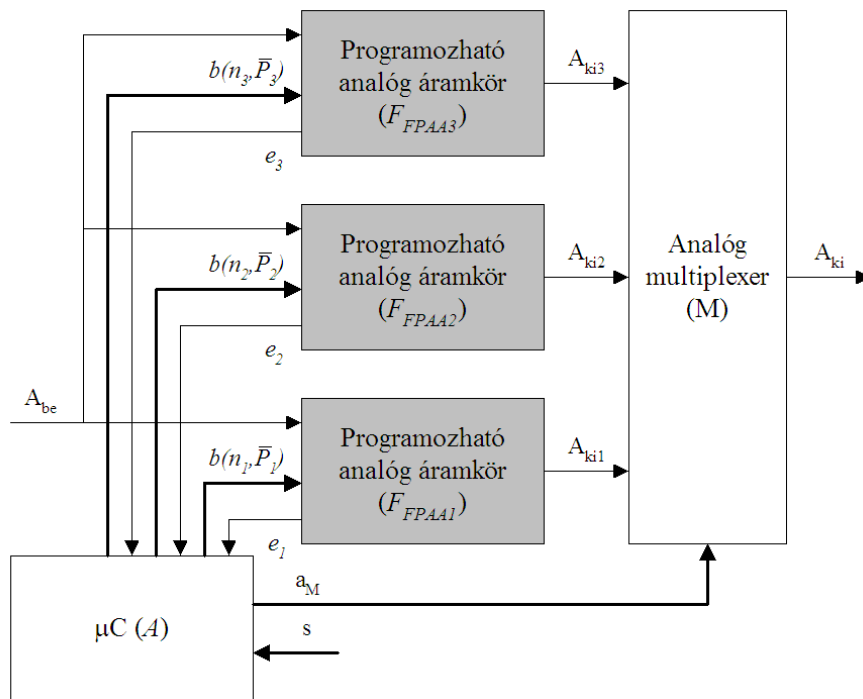
3.3. Altézis. Programozható analóg áramkörök és mikrovezérlő felhasználásával olyan új, robusztusságot támogató hibamaszkolási eljárást dolgoztam ki, amely a konfigurációval kialakítható belső áramköri jellemzők állapotváltozásainak figyelésén alapul. (10 ábra)

3.4. Altézis. Olyan új rendszerfelépítést dolgoztam ki, amely, a kimeneti jellemzők függvényében, biztosítja egy robusztus rendszer önszabályozását, a programozható analóg áramkör rekonfigurálása révén. (11 ábra)

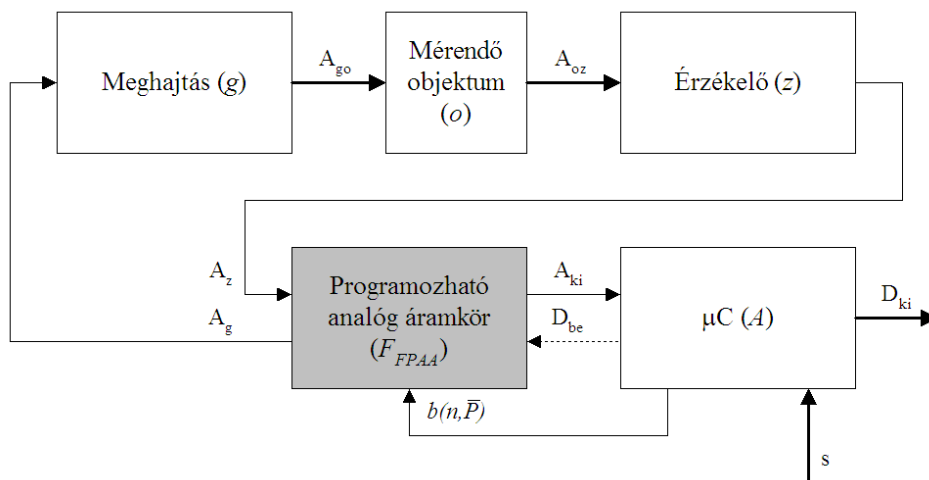
4. Tézis [P9, P18–19]

Olyan új rendszertechnikai felépítést dolgoztam ki, amely a beágyazott mikrovezérlő algoritmusának megfelelő kialakításával, az önszabályozó, önfejlesztő, öntanuló funkciók adaptív módon megvalósíthatók.

4.1. Altézis. A dinamikus és statikus konfiguráláshoz bevezetett előre definiált adatbázis és előre definiált eljárás kombinálásával, egy korlát-jellemző bevezetésével egy új algoritmust dolgoztam ki a programozható analóg áramkörök rekonfigurálásához.

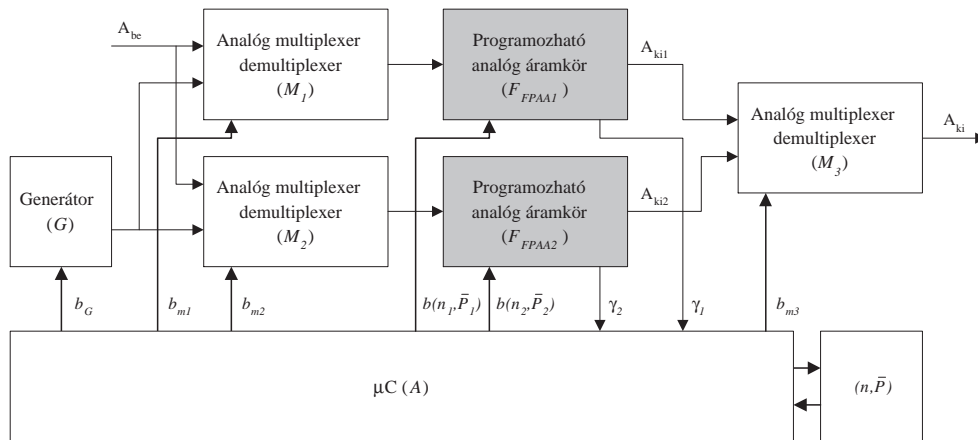


10. ábra. Többségi szavazó elvű hibamaszkolás programozható áramkörökkel és mikrovezérlővel.



11. ábra. Önszabályozó analóg robusztus rendszer kialakítása mérőberendezésben.

4.2. Altézis. Olyan új eljárást dolgoztam ki, amelyben az analóg programozható áramkörökből és mikrovezérlőből kialakított redundáns rendszer, lehetővé teszi az



12. ábra. Programozható analóg áramkör transzfer karakterisztikájának mérése a háttérben mikrovezérlő segítségével.

inaktív áramkör átviteli függvényének kialakítását, mérését, módosítását, miáltal az áramköri funkciók adatbázisa folyamatosan bővíthető, pontosítható. (12 ábra)

A szerző felhasznált tudományos közleményei

- [P–1] Gy. Györök. Self Organizing Analogue Circuit by Monte Carlo Method. *LINDI 2007 International Symposium on Logistics and Industrial Informatics September 13-15, 2007 Wildau, Germany, ISBN 1-4244-1441-5, IEEE Catalog Number 07EX1864C, Library of Congress 2007930060, p. 34–37.*
- [P–2] Gy. Györök. Functional and Parametrical Self Adjustment in Analog Circuit. *SISY 2007 5th International Symposium on Intelligent Systems and Informatics August 24-25, 2007 Subotica, Serbia, ISBN 1-4244-1443-1, IEEE Catalog Number 07EX1865C, Library of Congress 2007930059, p. 67–70.*
- [P–3] Gy. Györök. Programmable Analog Circuit in Reconfigurable Systems. *5th Slovakién–Hungarién Joint Symposium on Applied Machine Intelligence, 2007 January 25-26, Poprad, Slovakia, ISBN 978-963-7154-56-0, p. 151–156.*
- [P–4] Gy. Györök, M. Makó. Self configuration Analog Circuits. *XVIIth Kandó conference 2006 „In memoriam Kálmán Kandó” Budapest Tech Kandó Kálmán Faculty of Electrical Engineering, 12-14 January 2006, ISBN 963 7154 426.*

- [P-5] Gy. Györök, M. Makó. Acoustic Noise Elimination by FPAA. *3rd Romanian–Hungarian Joint Symposium on Applied Computational Intelligence, 2006 May 25-26, Timisoara, Romania, ISBN 963 7154 46 9*, p. 571–577.
- [P-6] Gy. Györök. Self Configuration Analog Circuit by FPAA. *4th Slovakia–Hungarian Joint Symposium on Applied Machine Intelligence, 2006 January 20-21, Herlany, Slovakia, ISBN 963 7154 44 4* p. 34–37.
- [P-7] Gy. Györök. Reconfigurable Security Sensor by CCD Camera. *6th International Symposium of Hungarian Researches on Computational Intelligence, 2005 November 18-19, Budapest, ISBN 963 7154 43 4*, p. 585–588.
- [P-8] Gy. Györök, M. Makó. Configuration of EEG Input-unit by Electric Circuit Evolution. *INES 2005, 9th International Conference on Intelligent Engineering Systems, 2005 September 16-19, 2005 Cruising on Mediterranean Sea, ISBN 0-7803-9474-7, IEEE 05EX1202C*.
- [P-9] Gy. Györök, M. Makó. Configuration of universal analog input-unit by electronic circuit evolution. *6th International Carpatian Control Conference, 24-27 May, 2005., Miskolc, Hungary, ISBN 963 661 644 2*, p. 395–400.
- [P-10] Gy. Györök. The function-controlled input for the IN CIRCUIT equipment. *IEEE-INES2004 Intelligent, Engineering Systems Conference, Cluj-Napoca, Romania, 2004 September 19-21, INES 2004, ISBN 973-662-120-0*, p. 443–446.
- [P-11] Gy. Györök. Effect optimized Peltier–cooling system. *IEEE-INES2002 Intelligent Engineering Systems Conference, Opatija, Croatia, 2002 May 26.-29., INES 2002, ISBN953-6071-17-7, ISSN 1562-5850*, p. 421–424.
- [P-12] Gy. Györök. Programozható biztonságtechnikai szenzor. *Informatika korszerű technikai konferencia-sorozat, Dunaujvárosi Főiskola 2005, november 23*.
- [P-13] Gy. Györök. Univerzális bemenőfokozat FPAA-val. *Dunaujvárosi Főiskola Közleményei, 2004 „OKTATÁS – KUTATÁS – GAZDASÁG”, Konferencia a Dunaujvárosi Főiskolán, ISBN1586-8567*, p. 123–128.

- [P-14] Gy. Györök. Univerzális bemeneti egység IN CIRCUIT mérőberendezéshez. *BMF regionális Konferencia 2004, Székesfehérvár; 2004. november 8. Konferencia kiadvány: ISBN 963 7154 33 7.*
- [P-15] Gy. Györök. Szoftver-támogatott analóg áramkör realizáció. „A tudomány és az európai felsőoktatási térség” konferencia *Dunaújvárosi Főiskolán 2003. nov. 5., Konferencia kiadvány, ISSN 1586-8567, p. 553–567.*
- [P-16] Gy. Györök. A-class Amplifier with FPAA as a Predictive Supply Voltage Control. *CINTI 2008, 9th International Symposium of Hungarian Researchers on Computational Intelligence and Informatics, November 6-8, Budapest, Hungary, ISBN 978-963-7154-82-9, p.361-368*
- [P-17] Gy. Györök. Reconfigurable Control in Robust Systems by FPAA. *SISY 2008 6th International Symposium on Intelligent Systems and Informatics September 26-27, 2008 Subotica, Serbia, ISBN 978-1-4244-2407-8, IEEE Catalog Number CFP0884-CDR, Library of Congress 2008903275*
- [P-18] Gy. Györök, M. Makó, J. Lakner, Combinatorics at Electronic Circuit Realization in FPAA. *SISY 2008 6th International Symposium on Intelligent Systems and Informatics September 26-27, 2008 Subotica, Serbia, ISBN 978-1-4244-2407-8, IEEE Catalog Number CFP0884-CDR, Library of Congress 2008903275*
- [P-19] Gy. Györök, M. Makó, J. Lakner, Combinatorics at Electronic Circuit Realization in FPAA. *Acta Polytechnica Hungarica, Journal of Applied Sciences, Budapest Tech, Volume 6, 1, 2009, ISSN 1785-8860, p. 151-160*