

Programozható analóg áramkör megszakításos alkalmazása mikrovezérlő környezetben

Györök György¹, Simon Lajos²
Regionális Oktatási és Innovációs Központ
1 Budapesti Műszaki Főiskola
Budai út 45, H-8000 Székesfehérvár
Email: gyorok.gyorgy@bmf.roik.hu
2 Termopress Kft.
Adony 2457 Adony, 6-os főút
Email: lajossimon@budafilter.hu

Kivonat—Az egyre nagyobb számban elterjedő programozható analóg áramkörök és mikroprocesszorok, mikrovezérlők kapcsolatában rejlő újabb lehetőséget kíván a következő cikk taglalni. Ebben az alkalmazásban a készülékben jelen lévő mikrovezérlő és a szabályozási funkciót ellátó programozható analóg áramkör megszakításos kapcsolaton keresztül kommunikál egymással, mellérendelt hierarchiában. A mikrovezérlő a beágyazott funkciókon túl a megszakítás függvényében hajt végre konfigurációs, illetve rekonfigurációs feladatokat a szabályozás, vezérlés minőségét javítanandó. Az eljárást egy automata vezérlése kapcsán kívánjuk bemutatni.

I. BEVEZETÉS

Az 1 ábrán látható készülék polietilén (PET) palackok méret csökkentő zsugorítását végzi az „emlékező” műanyagokra jellemző melegítési technológia felhasználásával. A készülékben a palackot egy emelő szerkezet a 800-1300 °C kazán (2. ábra) belsejébe nyomja, majd a műanyagot redőszerűen összehajtogatja (3. ábra), összezsugorítja. A készülékben jelenlévő mikroprocesszoros vezérlő egység alapvetően a mechanika működésének ellenőrzési funkcióit látja el, alkalmasint a szükséges analóg szabályozási feladatok végrehajtásával együtt. Ugyancsak a beágyazott mikroprocesszoros vezérlő feladata a készülék rendszerbe illesztésének ellátása is, beleértve a nyomtató kezelését, a felhasználói felület működtetését, az SMS küldési funkciók ellátását is. Ezen a feladatok működése közbeni ellátása a készülék beágyazott vezérlőjének erőforrásait teljesen kihasználják.

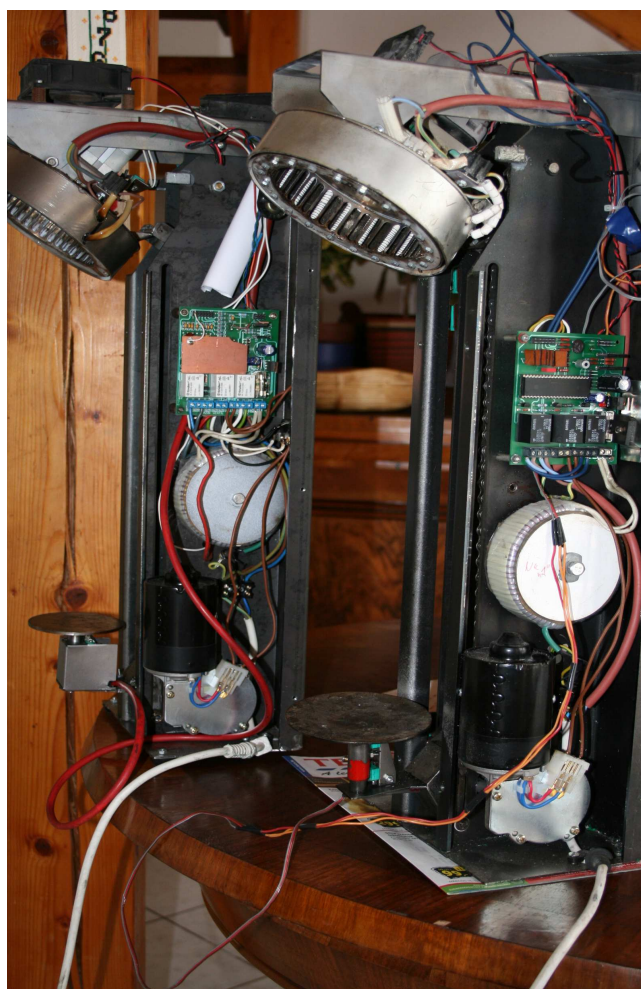
Az alkalmazott kazán hőmérséklet-szabályozásának ellátása nagy körültekintést, folyamatos felügyeletet kíván meg.

II. A PROGRAMOZHATÓ ANALÓG ÁRAMKÖRÖK FELHASZNÁLÁSA ADAPTÍV SZABÁLYOZÁSI FELADATOKRA

A 4. ábrán az Anadigm programozható analóg áramkör (FPAA¹) családjának legelterjedtebb típusa látható.

Az elektronikus áramkör funkciója (F) a struktúra függvénye, amelyet formálisan:

¹Field Programmable Analog Array



1. ábra. A Termopress Inc. cég PET palack zsugorító berendezés kísérleti példánya



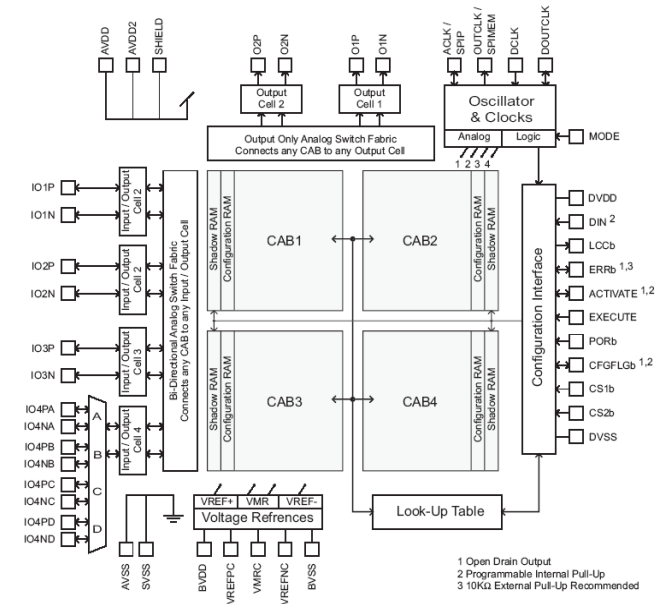
2. ábra. A berendezés kazánja működés közben.



3. ábra. Különböző zsugorított polietilén palackok

$$\mathbb{F} = \mathbf{n}(\bar{P}), \quad (1)$$

összefüggéssel adhatunk meg, ahol p_n az egyes alkatrészek releváns értékei [1] [2] [3] [4]. Egy-egy áramkör így definit módon leírható a topológiát meghatározó hálózatfüggvénnyel (\mathbf{n}), amely az egyes alkatrész lábainak, külső kapcsoknak az összekapcsolását adja meg, akár összekapcsolási utasítás



4. ábra. Az Anadigm Inc. legelterjedtebb programozható analóg áramkörének belső felépítése a négy konfigurálható analóg blokkal.

formájában is. Az (1) összefüggés az áramköri funkció leírására használható, azonban alkatrész és hálózatfüggő, ezért általánosan csak megkötésekkel alkalmazható. Egy adott analóg áramkör kialakítása, konfigurálása, meghatározott felületen keresztül programozása, egyrészt a lehetséges alkatrészek megfelelő összekapcsolását, a topológia kialakítását, másrészt az alkatrész paraméterek megfelelő értékének megadását jelenti, amit a (2) összefüggés szerint írhatunk le:

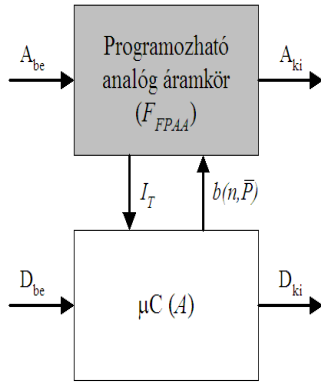
$$\mathbb{F} = \mathbf{b}(\mathbf{n}, \bar{P}), \quad (2)$$

ahol \mathbf{b} bináris sztring, amely a hálózatfüggvényt (\mathbf{n}) és az alkatrész paraméterek vektorát (\bar{P}) határozza meg [12] [13] [14].

A javasolt mikrovezérlő és programozható analóg áramkör blokkvázlata az 5 ábrán látható. A mikrovezérlő a mechanika felügyeletét illetve belső időzítő funkciókat is felügyelve folyamatosan működik, ami nem teszi lehetővé olyan ugyancsak folyamatos jelenlétet kívánó analóg szabályozási funkciók ellátását, amely szükségessé válik a kazán hőmérsékletének szabályozására. Ezért a palackot melegítő kazán hőmérsékletét olyan „klasszikus” analóg szabályozási hurokkal láttuk el, amelyben egy PID szabályozó a kívánt hőmérséklet aszimptotikus megközelítését végzi el (3) összefüggés szerint;

$$U_{ki} = K_p U_e(t) + K_i \int_0^t U_e(\tau) d\tau + K_d \frac{d}{dt} U_e(t), \quad (3)$$

ahol; K_p , K_i , K_d az arányos-, az integráló-, a differenciáló tag együtthatói, U_e a hibafeszültség, τ az integrátor időállandója.



5. ábra. Mikrovezérlő megszakításos kapcsolata programozható analóg áramkörrel.

A proporcionális integráló és differenciáló konstansok értékét az éppen alkalmazott polietilén palackok típusától, a környezet hőmérséklettől, az előtolás sebességétől, az éppen aktuális hálózati feszültség nagyságától függően. Ahhoz, hogy az analóg szabályozó hurok a lehető legoptimálisabb eredményt adva működjön, olyan analóg szabályozást kellett megvalósítani, amelyben a folyamatos, vagyis nem idődiszkrét szabályozásról kell gondoskodnunk. A bavatkozójel jelen esetben ez egy TRIAC fázishasítós vezérléséhez szükséges gyűjtőimpulzus. Az aktív eszköz a fázishasítós teljesítményszabályozásnak köszönhetően a fűtőtestet olyan hőmérsékletre melegíti, amely a megkívánt hatást optimálisan közelíti [5] [6] [7] [8].

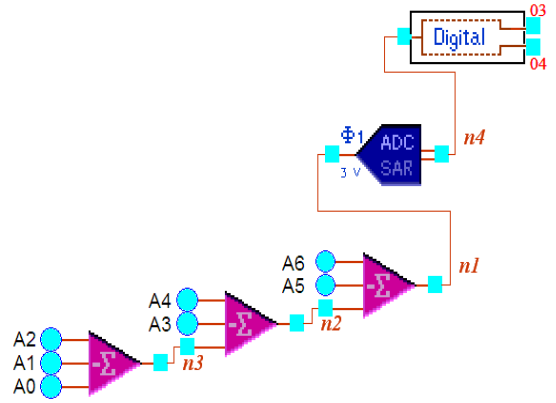
III. MIKROVEZÉRLŐ ÉS FPAA MEGSZAKÍTÁSOS KAPCSOLATA

A programozható analóg áramkörbe olyan K_p K_i K_d együtthatókat kell, a megkívánt feladat függvényében, kialakítani, amely a szükséges hőmérséklet értéket gyorsan és lengések nélkül közelíti.

A mikrovezérlő és programozható áramkörök különböző kapcsolatainak speciális esete az 5 ábrán látható elrendezés. A mikrovezérlő (μC) a D_{be} , D_{ki} , a programozható analóg áramkör az A_{be} , A_{ki} felületen kapcsolódik a digitális vagy analóg áramköri környezethez, vagy egymáshoz [9]. A $b(\mathbf{n}, \bar{P})$ kapcsolat az FPAA konfigurálását végzi az áramköri topológia (\mathbf{n}), és az alkatrészek, makrocellák (4 ábra CAB) paramétereinek (\bar{P}) megadásával.

A mikrovezérlő firmware erőforrásai jelentősen tehermentesíthetők, ha nem a környezet (D_{be} , A_{be}) állandó lekérdezésének eredményeként következik be a kívánt program-esemény, hanem a programozható analóg áramkör által generált megszakítás (I_T) hatására. A megszakítást a programozható analóg áramkör egy kimenete váltja ki, a bemenetek és az áramköri funkció függvényében (4):

$$I_T = \mathbb{F}_{FPAA}(A_{be}). \quad (4)$$



6. ábra. Analóg multiplexálási funkció kialakítása Anadigm FPAA-ban.

A megszakítást kezelő program részlet (α_{IT}) része a mikrovezérlő programjának (\mathbf{A}), formálisan: $\alpha_{IT} \in \mathbf{A}$. Megszakításkor a mikrovezérlő az áramköri funkciót meghatározó jellemzők (\mathbf{n}, \bar{P}) betöltésével, a rekonfigurálást végrehajtja (5):

$$\mathbb{F}_{FPAA} = \alpha_{IT}[b(\mathbf{n}, \bar{P})]. \quad (5)$$

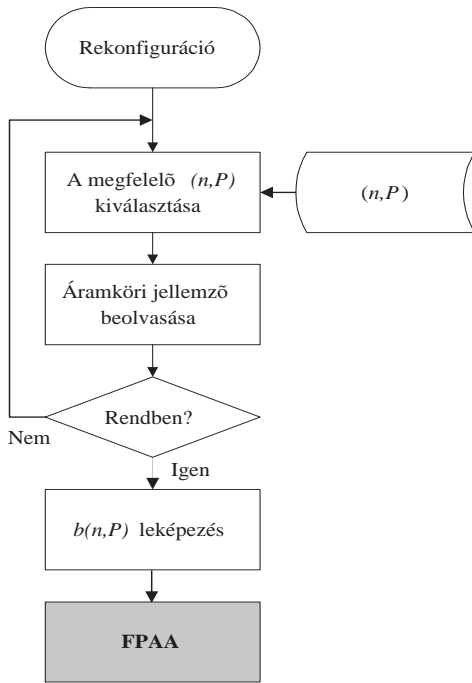
A beágyazott mikrovezérlő és a programozható analóg áramkör kapcsolatában nővumnak számít az a fajta alkalmazás, amikor ugyancsak rekonfiguráció segítségével a programozható analóg áramkör belső struktúrájával képezünk megszakító jelet, amely egy programozott esemény (feszültség érték) függvényében kér a beágyazott mikrovezérlőtől megszakítást. A megszakítás hatására végezheti el a mikrovezérlő az újabb áramköri struktúra, K_p , K_i , K_d aktuális értékeinek, FPAA-ba töltését.

A fentiek alapján különböző megszakításokat is képezhetünk, más-más megszakítás bemenethez tartozóan, vektoros megszakításkezeléssel. A 6 ábra áramköre egy Anadigm FPAA-ban megvalósított analóg-multiplexer funkciót ábrázol, a lehetséges megszakítások különböző áramköri helyekről generálódhatnak. Az ábra kapcsolása az FPAA belső analóg-digitál konverterét is felhasználja.

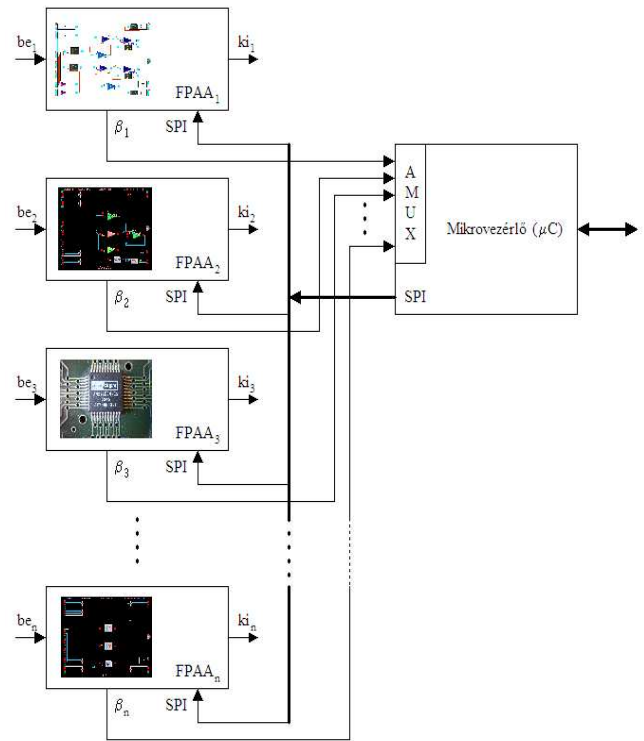
A megszakítás hatására a megszakítás milyenségétől függően a mikrovezérlő a kívánt rekonfigurációt hajtja végre, amelynek köszönhetően a programozható analóg áramkör struktúrája a működés minőségét meghatározó módon változik. A rekonfigurációba beleértendő az éppen aktuális megszakítást kiváltó esemény pontos áramköri helyének meghatározása is. Ez utóbbit a programozható analóg áramkör elemkészletéből az 7 ábra algoritmus szerint tudjuk képezni.

A megszakítások generálása a bemutatott Anadigm eszköz mellett a Cypress kevert architektúrájú eszközénél is megoldható, a megszakítás helyének fentebb leírtak szerinti dinamikus rekonfigurálásával is (8 ábra).

A módszer kieterjeszhető olyan alkalmazásra is, amikor egy beágyazott vezérlő több programozható analóg áramkört, vagy több analóg struktúrát, részegységet felügyel a megszakításos



7. ábra. Programozható analóg áramkörök rekonfigurálása előre definiált paraméterekkel és topológiával.



9. ábra. Mikrovezérlő és programozható analóg áramkörök rekonfigurálható rendszerbe illesztése.

módszerrel. Ilyen rendszer figyelhető meg a 9 ábrán [10] [11] [12].

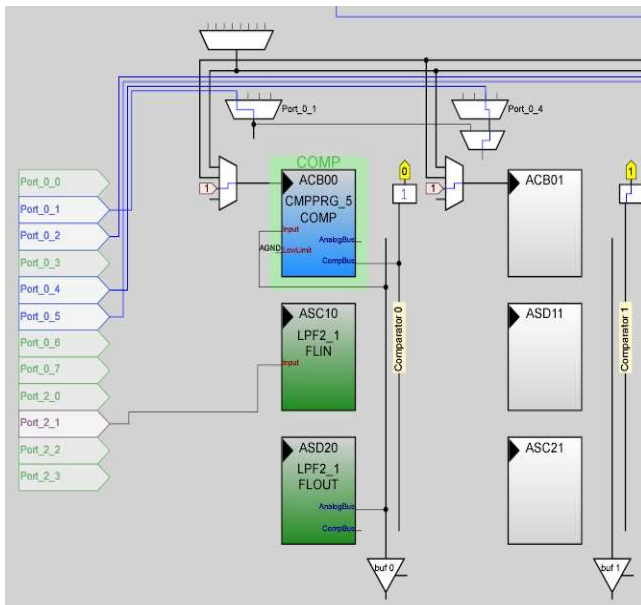
IV. ÖSSZEFOGLALÁS

A javasolt megszakításos mikrovezérlő és programozható analóg áramkör kapcsolat előnyösen használható a fent leírt készülékben, de igazi nagy előnye olyankor kézzelfogható, amikor sebességkritikus alkalmazásokban van szükség programozható analóg áramkör felhasználására.

A bemutatott konkrét alkalmazás tervezetten nagysorozatban gyártott készülék, amely ezzel az új módszerrel végzi az üzemi működés optimalizálását.

HIVATKOZÁSOK

- [1] A. S. Deese and C. O. Nwankpa. Circuit theoretical analysis of reconfigurable analog load emulation circuit. <http://www.ewh.ieee.org/conf/powertech>.
- [2] R. S. Muller and T. I. Kamins. *Device Electronics for Integrated Circuits*. John Wiley and Sons, 1986.
- [3] C. Reiser. Optimization of performance of dynamically reconfigurable mixed-signal hardware using field programmable analog array (FPAA) technology. PhD thesis, (1998).
- [4] Anadigm the dpASP Company. Dynamically programmable analog signal processing. <http://www.anadigm.com/>.
- [5] S. Zebulum, R. A. Stice, and K. Didier. The design process of an evolutionary oriented reconfigurable architecture. www.coe.uncc.edu/kdatta/papers/The/20Design/20Process/20...urable/20Architecture.pdf.
- [6] 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.



8. ábra. Megszakítás-generálás a Cypress programozható áramkörénél.

- [7] Mitra,S. Introduction to Robust Systems. [www.stanford.edu/ subh/robust.html](http://www.stanford.edu/subh/robust.html).
- [8] 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.*
- [9] 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.*
- [10] 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.*
- [11] 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.*
- [12] Gy. Györök, M. Makó, J. Lakner. Combinatorics at Electronic Circuit Realization. *ACTA POLYTECHNICA HUNGARICA 6:(1) pp. 151-160. (2009)*
- [13] Gy. Györök. The FPAA Realization of Analog Robust Electronic Circuit. *IEEE Internacional Conference on Computational Cybernetics: ICC 2009. Palma de Mallorca, Spanyolország, 2009.11.26-2009.11.29. Palma de Mallorca: pp. 1-5. Paper 10. (ISBN:978-1-4244-5311-5).*
- [14] 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.*