



THERMAL-ELECTRONIC LOGIC CIRCUITS

Neuromorphic implementation of controlled multimode oscillator, majority gates, and grassfire algorithm

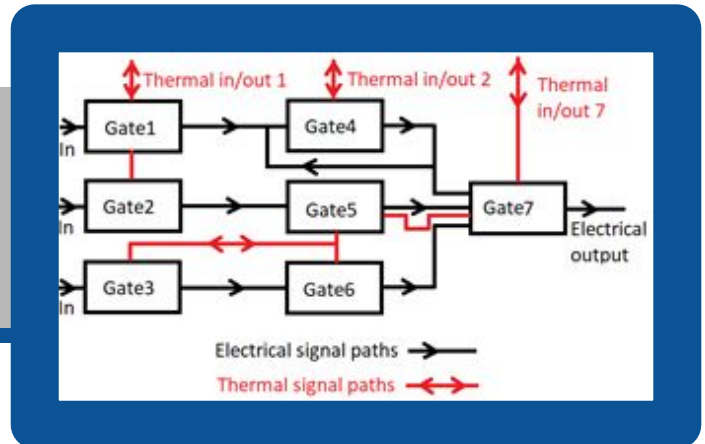
The most advanced, highly integrated logic networks (microprocessors) contain silicon-based complementary MOS (CMOS) elements (gates). CMOS circuits contain twice as many MOS transistors as their logical inputs. This feature, combined with the complexity of the single MOS transistor, makes it impossible to further scale down the integrated circuit area significantly. Increased integration scale of “More than Moore” devices may only be achieved by the introduction of a qualitatively new principle.

SOLUTION

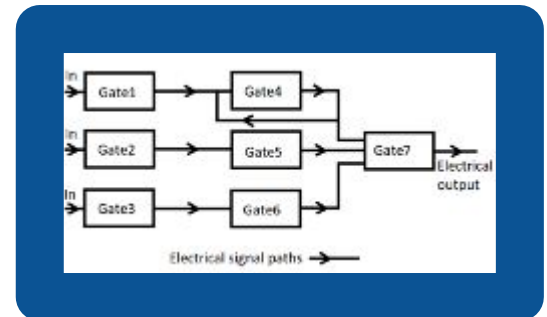
All circuits of the proposed VO₂ based solution are based on the integrated application of a thermal-electronic active device (phonon transistor, or phonsistor, which is one special member of neuristor family). Phonsistors consist of resistors that respond to temperature changes by metal/semiconductor phase transitions, and/or other resistors capable of producing heat. A number of resistor devices could be thermally and electrically coupled to, or isolated from each other, to form a multilevel network with complex transfer functions. The thermal-electronic system constructed this way may be capable of implementing highly integrated logic circuits (Thermal-Electronic Logic Circuits, TELC). As opposed to traditional circuits, all TELC gates have two parallel output functions. The currently insurmountable obstacles in CMOS systems relating to grassfire algorithm, various majority gates, and multimode oscillator may be overcome by TELC. TELC-enabled new functions, such as structural phase transition (SPT) phased chaotic oscillator and true random number generator (TRNG), make entirely new IT solutions possible in a simple and compact arrangement.

TRL 4 Technology validated in lab. Scaled down to the nanometer range, the thermal diffusion length kept within the nm range for GHz frequencies results in a clock period below the nanosecond range.

SEEKING one or more industry partners to further develop the technology, as well as potential licensees.



Scheme of the complex digital thermal-electronic circuit



Scheme of the traditional logic

BENEFITS

- Half of the components sufficient compared to CMOS
- Phonsistor simpler than silicon-based MOS
- Memory effect
- Ability to be incorporated into CMOS

APPLICATION

- Monolithic integrated circuits
- Neuromorphic and biological circuits
- Integrated True Random Number Generators (TRNG)
- Artificial intelligence
- Cyber and information security
- Graphical generators in computers

PUBLICATIONS

J. Lappalainen, J. Mizsei, M. Huotari; "Neuromorphic Thermal-Electric Circuits Based on Phase Change VO₂ Thin-Film Memristor Elements" J.Appl.Phys.125(044501)2019

INVENTORS

János MIZSEI
Department of Electron Devices
Faculty of Electrical Engineering
and Informatics
Jyrki LAPPALAINEN

INTELLECTUAL PROPERTY

Priority HU patent application P2000211
(filed on 29 June 2020)

CONTACT

BME Center for University-Industry Cooperation
BRIDGE (TTO), 2 Bertalan Lajos utca, 9th floor
1111 Budapest, Hungary
bridge.fiek.bme.hu bridge@bme.hu +36 1 463 1721



TERMIKUS-ELEKTROMOS INTEGRÁLT ÁRAMKÖRÖK (TELC)

Vezérelt többmódusú oszcillátor, többségi kapuk és prérítűz algoritmus neuromorf alkalmazása

A legfejlettebb nagy integráltságú logikai hálózatok (mikroprocesszorok) szilícium-alapú komplementer MOS (CMOS) elemeket (kapukat) tartalmaznak. A CMOS áramkörök felépítéséhez kétszer annyi MOS tranzisztor szükséges, mint a logikai bemeneteik száma. Ez a tulajdonság az egyes MOS tranzisztorok összetettségével kombinálva lehetetlenné teszi az integrált áramkörök jelentős méretcsökkentését. A Moore-törvény meghaladását jelentő lényeges előrelépést csak minőségileg új elv bevezetésével lehet elérni.

MEGOLDÁS

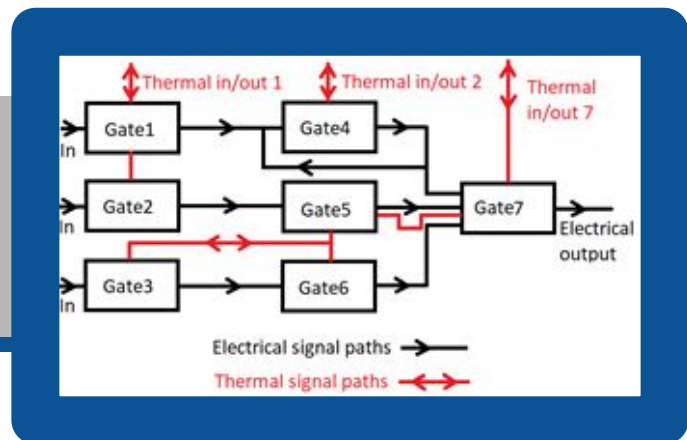
A megoldásként javasolt, VO_2 alapú TELC rendszerekben a logikai információt a kapu elektromos és termikus állapota is kifejezi: az információ hőátadással, azaz hő árammal, és vezetőképés huzalon keresztül elektromos árammal is továbbítható. A hagyományos digitális rendszerekben alkalmazott, egyedül elektromosságon alapuló bitreprezentációval szemben egy TELC rendszerben minden kapunak két kimenete van.

A prérítűz algoritmus és a többségi kapu, a súlyozott többségi kapu és a vezérelt multimódusú oszcillátor CMOS megvalósításának jelenleg gyakorlatilag lehetetlen feladata a TELC alkalmazásával megoldhatóvá válik.

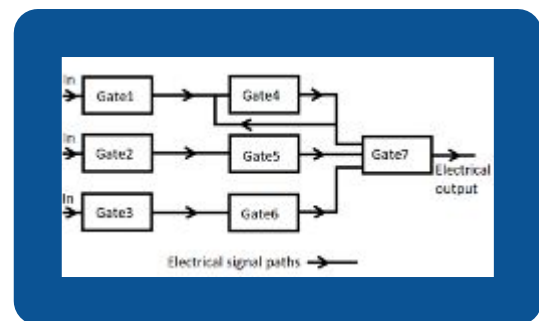
A találmány által létrejövő új funkciók (pl. általános kaotikus oszcillátor és valós véletlen szám generátor, TRNG) teljesen új információtechnológiai alkalmazásokat tesznek lehetővé - nagyon egyszerűen, kis helyen és kompakt áramköri elrendezésben megvalósítva.

TRL 4 Laboratóriumban validált technológia. A nanométer tartományban, GHz frekvenciákra nézve nanoszekundum alatti kapcsolási idő is elérhető volt.

KERESSÜK azokat az ipari partnereket, akikkel fejlesztési együttműködést hozhatnánk létre, továbbá a technológia iránt kereskedelmi szempontból érdeklődő vevőt vagy licencvevőt.



Termikus-elektromos logikai áramkör sematikus felépítése



Hagyományos logikai áramkör sematikus felépítése

ELŐNYÖK

- CMOS-hoz képest feleannyi alkotóelem
- Fonon tranzisztor a szilícium-alapú MOS-nál egyszerűbb
- Memóriahatás
- Integrálható CMOS technológiába

ALKALMAZÁS

- Monolit integrált áramkörök
- Neuromorf és biológiai áramkörök
- Integrált véletlenszám-generátor (TRNG)
- Mesterséges intelligencia
- Kiber- és információbiztonság
- Számítógépes grafikus generátorok

PUBLIKÁCIÓK

J. Lappalainen, J. Mizsei, M. Huotari; "Neuromorphic Thermal-Electric Circuits Based on Phase Change VO_2 Thin-Film Memristor Elements" J.Appl.Phys.125(044501)2019

FELTALÁLÓK

MIZSEI János
Elektronikus Eszközök Tanszék
Villamosmérnöki és informatikai Kar
Jyrki LAPPALAINEN

SZELLEMI TULAJDON

HU elsőbbségi szabadalmi bejelentés
Ügyszám: P2000211, bejelentés napja:
2020.06.29.

KONTAKT

BME Felsőoktatási és Ipari Együttműködési Központ
BRIDGE technológia-transzfer iroda
1111 Budapest, Bertalan Lajos utca 2., 9. emelet 905.
bridge.fiek.bme.hu bridge@bme.hu +36 1 463 1721