

## **PRESS RELEASE**

**CONTACT:** Petra Buljević Zdjelarević, PR Office

**Ruđer Bošković Institute** / Bijenička cesta 54 / 10 000 Zagreb / Croatia

**T.** + 385 1 457 1269 / **M.** +385 99 267 9514 / **@** [info@irb.hr](mailto:info@irb.hr)

## **Are we a step closer to the development of the theory of impulse circuits?**

***Researchers from the Croatian Centre of Excellence for Advanced Materials and Sensors present five new or modified circuits intended for building a universal computer based on the Random Pulse Computing (RPC) paradigm.***

ZAGREB, CROATIA 21. 1. 2022. - Computers play an important role in many aspects of life today. Digital computers are the most widely used, while quantum computers are well known. However, the least known computers are the so-called Stochastic Pulse Computers. Their work is based on highly parallel logical operations between trains of electrical pulses, where the pulses occur at random times, as in neurons, the nerve cells in the brains of humans and mammals.

The main motivation for the growing interest in research on RPC computers over the past decade is the hope that they could solve faster and with less energy consumption tasks that are normally easy for living things but difficult for digital computers, such as: instantaneous responses to stimuli, pattern recognition, robustness to errors and damage in the system, learning, autonomy, and the like.

In a recent study published in Scientific Reports, Dr. Mario Stipčević of the Ruđer Bošković Institute (RBI) and Mateja Batelić, a student at the Faculty of Science at the University of Zagreb (FS), Croatia, describe new or improved versions of RPC circuits that use quantum randomness for the first time, but also go a significant step further and lay the first foundation for RPC circuit theory.

Namely, while circuits for processing information in a digital computer can be assembled from logic circuits as building blocks based on the well-known Boolean theory, a similar theory for RPC circuits does not yet exist. Therefore, synthesis of circuits for an RPC is limited to trial and error through experimentation or simulation.

"The central part of our paper is the formulation and proof of the so-called entropy budget theorem, which can be used to easily verify whether a given mathematical (or logical) operation can be performed or "calculated" by any physical circuit, and if so, how much excess entropy must be available to a circuit to perform the given operation.

In this paper, we demonstrate the theorem using several examples of mathematical operations. Perhaps the most interesting proof is the existence of a deterministic half-sum circuit  $(a + b) / 2$ . However, this circuit is not yet known, and finding it is a challenge for further research," says Dr. Stipčević, head of the Laboratory of Photonics and Quantum Optics at the Ruder Bošković Institute.

**REFERENCE:** <https://doi.org/10.1038/s41598-021-04177-9>

## Na korak bliže razvoju teorije impulsnih sklopova?

**ZAGREB, 21. 1. 2022.** - U [najnovijem radu](#) objavljenom u uglednom časopisu *Scientific Reports*, izdavača *Nature Publishing Group*, istraživači Centra izvrsnosti za napredne materijale i senzore, dr. sc. **Mario Stipčević** s Instituta Ruđer Bošković (IRB) i **Mateja Batelić**, studentica fizike na Prirodoslovno-matematičkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu (PMF) postavili su prvi temelj za razvoj teorije sklopova stohastičko impulsnih računala.

Računala danas igraju ključnu ulogu u mnogim sferama života. Najraširenija su digitalna računala, dok se posljednjih godina uvelike ulaže u kvantna računala. Svakako najmanje poznato je stohastičko impulsno računalo (Random Pulse Computer, RPC), čiji se rad temelji na visoko paraleliziranim logičkim operacijama među nizovima električnih impulsa slučajno raspoređenih u vremenu. Rad ovog računala inspiriran načinom rada neurona - živčanih stanica u mozgu ljudi i sisavaca.

Glavna motivacija pojačanog interesa za proučavanjem RPC računala u posljednjih desetak godina, jest nada da bi ono moglo brže, jednostavnije i s manjim utroškom energije rješavati zadatke koji su jednostavni za živa bića, a komplicirani za digitalna računala, poput momentalne reakcije na podražaje, prepoznavanje uzoraka, otpornosti na pogreške i oštećenja u sustavu, učenje, autonomija i slični zadaci.

U novom radu autorski dvojac dr. sc. **Mario Stipčević** s IRB-a i studentica PMF-a **Mateja Batelić** u ovom radu opisuju nove ili poboljšane inačice sklopova za RPC, koji po prvi puta u literaturi koriste kvantnu slučajnost, ali idu i značajan korak dalje postavljajući prvi temelj za teoriju RPC sklopova.

Naime, dok se sklopovi za procesiranje informacije u digitalnom računalu mogu sintetizirati na osnovu dobro poznate Booleove teorije, slična teorija za RPC sklopove još ne postoji te se njihova sinteza svodi na metodu pokušaja i pogrešaka, a provjera rada na eksperiment ili simulacije.

"Centralni dio rada je formulacija i dokaz tzv. Teorema entropijskog budžeta kojim je moguće jednostavno provjeriti može li za neku zadanu matematičku operaciju uopće postojati fizički sklop koji ju može 'izračunati', odnosno koliku najmanju entropiju treba imati na raspolaganju fizički sklop da bi mogao obavljati danu matematičku ili logičku operaciju.

U ovom radu mi smo demonstrirali teorem na nekoliko primjera sklopova, a možda je najzanimljiviji dokaz postojanja determinističkog sklopa za poluzbrajanje  $(a + b) / 2$  koji, međutim, još nije poznat te njegovo pronalaženje ostaje izazovom za dalja istraživanja," zaključuje dr. sc. **Mario Stipčević**, voditelj Laboratorija za fotoniku i kvantnu optiku na IRB-u.

#### **KORISNE POVEZNICE:**

Rad:

<https://doi.org/10.1038/s41598-021-04177-9>

Centar izvrsnosti za napredne materijale i senzore:

<http://cems.irb.hr/hr/>