



Kraków

Kraków – warto wiedzieć

Podejrzane układy (elektroniczne)

Instytut Fizyki Jądrowej PAN w Krakowie zajmuje się strukturą materii i własnościami oddziaływań fundamentalnych – od skali kosmicznej po wnętrza cząstek elementarnych. Wyniki badań – obejmujących fizykę i astrofizykę cząstek, fizykę jądrową i oddziaływań silnych, fazy skondensowanej materii, fizykę medyczną, inżynierię nanomateriałów, geofizykę, biologię radiacyjną i środowiskową, radiochemię, dozymetrię oraz fizykę i ochronę środowiska – są każdego roku przedstawiane w ponad 600 artykułach publikowanych w recenzowanych czasopismach naukowych.

Częścią Instytutu jest nowoczesne Centrum Cyklotronowe Bronowice, unikalny w skali europejskiej ośrodek, obok badań naukowych zajmujący się terapią protonową nowotworów (pisaliśmy na ten temat w PAUzie Akademickiej, nr 267 z 16 października 2014 roku w tekście *Protonem w nowotwór*). IFJ PAN jest członkiem Krakowskiego Konsorcjum Naukowego „Materia – Energia – Przyszłość” o statusie Krajowego Naukowego Ośrodka Wiodącego (KNOW) na lata 2012–2017. Instytut zatrudnia ponad pół tysiąca pracowników. W kategoryzacji MNiSW Instytut został zaliczony do kategorii naukowej A+ w grupie nauk ścisłych i inżynierskich.

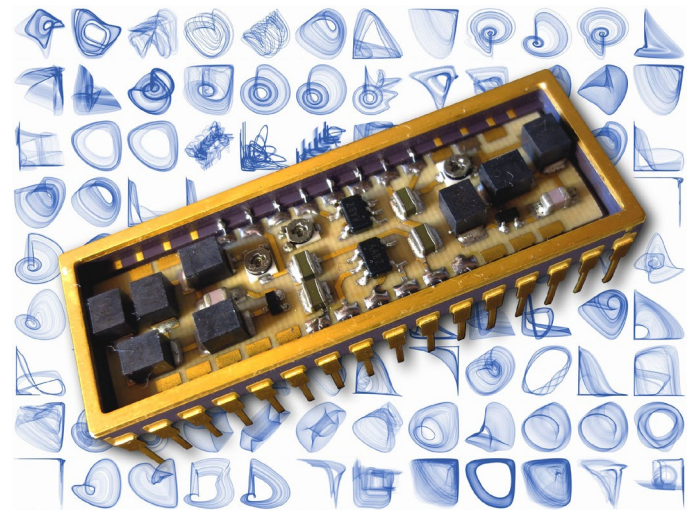
Z „Bronowic”, jak popularnie określa się Instytut, wciąż docierają informacje o wynikach wielu ciekawych badań. Jedną z nich – dotyczącą układów elektronicznych – jest szczególnie intrygująca. Okazuje się bowiem, że wśród prostych układów elektronicznych, zbudowanych z zaledwie paru elementów, wiele zachowuje się chaotycznie, w niezwykłe skomplikowany, praktycznie niemożliwy do przewidzenia sposób!

Fizycy z IFJ PAN odkryli, przebadali i opisali kilkadziesiąt nowych, nietypowych układów tego typu. Co szczególnie ciekawe, jeden z układów generuje impulsy napięcia bardzo podobne do wytwarzanych przez neurony, robi to jednak tysiące razy szybciej. Zaledwie kilka tranzystorów, oporników, kondensatorów i cewek wystarczy do zbudowania układów elektronicznych zachowujących się w sposób praktycznie niemożliwy do przewidzenia. Nawet w tak prostych układach chaotyczne oscylacje o skomplikowanej naturze okazują się nie wyjątkiem, lecz normą, wykazali naukowcy z IFJ. W publikacji zamieszczonej w czasopiśmie „Chaos” nr 27 (2017) przedstawili oni 49 nowych, nietypowych chaotycznych oscylatorów elektronicznych – nie zaprojektowanych, lecz odkrytych za pomocą symulacji komputerowych.

– *Elektronika zwykle kojarzy się z urządzeniami działającymi precyzyjnie i zawsze zgodnie z oczekiwaniami. Z naszych badań wyłania się jej zupełnie inny obraz. Już w układach elektronicznych zawierających ledwie jeden czy dwa tranzystory chaos okazuje się wszechobecny! Przewidywalne i zawsze takie same reakcje urządzeń elektronicznych, używanych przez nas wszystkich na co dzień, to nie odzwierciedlenie natury elektroniki, lecz wysiłków projektantów* – mówi pierwszy autor publikacji, dr Ludovico Minati.

Potocznie przez chaos rozumiemy brak porządku. W fizyce pojęcie to funkcjonuje nieco inaczej: o układzie mówi się, że zachowuje się chaotycznie, gdy nawet bardzo małe zmiany parametrów wejściowych skutkują dużymi zmianami na wyjściu. Ponieważ różnego typu fluktuacje są naturalną cechą świata, w praktyce układy chaotyczne wykazują ogromne bogactwo zachowań – tak wielkie, że precyzyjne przewidzenie ich reakcji jest bardzo trudne, a nierzadko wręcz niemożliwe. Układ może więc sprawiać wrażenie zachowującego się zupełnie przypadkowo, mimo że w rzeczywistości jego ewolucja przebiega wedle pewnego skomplikowanego wzorca.

Zachowania chaotyczne są tak złożone, że do dziś nie ma metod pozwalających na efektywne projektowanie obwodów elektronicznych tego typu. Fizycy z IFJ PAN podeszli więc do problemu inaczej. Zamiast od podstaw konstruować chaotyczne oscylatory, zdecydowali się je... odkrywać. Strukturę układów, tworzoną z elementów dostępnych komercyjnie, odwzorowywano



Przyrząd zbudowany z dwóch właśnie odkrytych oscylatorów. W tle tzw. atraktory, ilustrujące różnorodność i bogactwo zachowań nowych układów. (Źródło: IFJ PAN)

jako ciąg 85 bitów. Modelowane układy w maksymalnej konfiguracji składały się ze źródła zasilania, dwóch tranzystorów, opornika i sześciu kondensatorów lub cewek, połączonych w obwód zawierający osiem węzłów. Tak przygotowane ciągi bitów poddawano następnie przypadkowym modyfikacjom. Symulacje zrealizowano na superkomputerze Cray XD1.

Fizycy analizowali działanie nowych układów za pomocą programu SPICE, powszechnie stosowanego przy projektowaniu obwodów elektronicznych. W przypadku zachowań chaotycznych możliwości symulacyjne SPICE okazały się jednak niewystarczające. Dlatego 100 najciekawszych układów zbudowano fizycznie i przebadano w laboratorium. W celu poprawienia jakości generowanych sygnałów w trakcie testów niejednokrotnie dokonywano delikatnego „tuningu” parametrów elementów składowych. Ostatecznie liczbę interesujących układów zredukowano do 49. Najmniejszy chaotyczny oscylator składał się z jednego tranzystora, jednego kondensatora, jednego opornika i dwóch cewek. Większość znalezionych układów wykazywała nietrywialne, chaotyczne zachowania o niekiedy zadziwiającej skali złożoności.

To nie wszystko. Okazuje się, że wskutek łączenia znalezionych układów w pary pojawiają się zachowania o jeszcze większej skali złożoności. Sprzęgnięte układy w jednych sytuacjach pracowały perfekcyjnie synchronicznie, w innych jeden z obwodów przejmował rolę lidera, w jeszcze innych wzajemne powiązanie oscylatorów było tak zagmatwane, że ujawniało się dopiero po przeprowadzeniu uważnej analizy statystycznej. Pytanie niżej podpisanego laika brzmi: skoro układy scalone mają własne życie, to czy możemy ufać urządzeniom, które są z nich (przez nas i dla nas) zbudowane?