

CHAOTIC DYNAMICS IN INTEGER-ORDER AND FRACTIONAL-ORDER CIRCUITS AND SYSTEMS

Giuseppe Grassi, Donato Cafagna

Università del Salento
Dipartimento di Ingegneria dell'Innovazione
Via per Monteroni, 73100 LECCE

Keywords: *Chaotic circuits, Nonlinear Dynamics, Fractional-order systems.*

Nel 2024 l'Unità di Ricerca di Lecce (Università del Salento) si è occupata di metodologie innovative nell'analisi di circuiti e sistemi non lineari, con particolare riferimento allo studio di sistemi caotici di ordine frazionario e alla loro realizzazione hardware.

Per quanto riguarda la sincronizzazione del caos, sulla base dei risultati precedentemente conseguiti in collaborazione con il Department of Electrical Engineering della Western Michigan University (USA) [1]-[2], nel 2024 l'Unità di Lecce ha continuato la sua attività di ricerca sulla sincronizzazione di sistemi descritti da derivate non intere (tempo-continuo) e da differenze non intere (tempo-discreto). I primi risultati sulla sincronizzazione “fractional” e sulla applicazione della stessa nei sistemi di encryption sono stati pubblicati su rivista internazionale [3]. Dal punto di vista della dinamica non lineare, i risultati descritti in [3] evidenziano la co-esistenza di numerosi attrattori caotici nel sistema fractional tempo-discreto oggetto di analisi. Il processo di encryption e decryption è stato realizzato in hardware attraverso un microcontrollore (Figura 1).

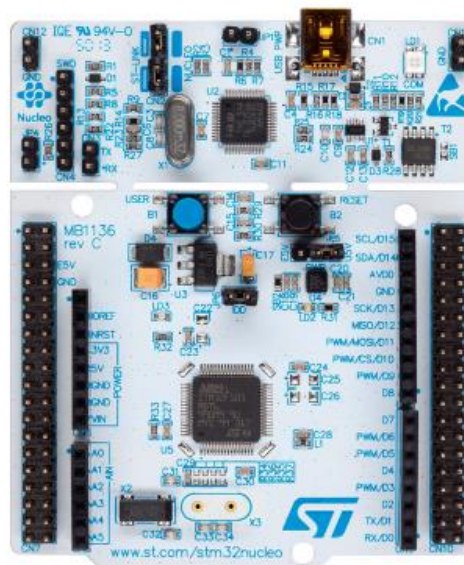


Figura 1. Microcontrollore utilizzato per realizzare il sistema di encryption proposto in [3].

In aggiunta, l'Unità di Lecce ha messo a punto una metodologia innovativa, pubblicata su rivista internazionale, finalizzata alla generazione di sistemi tempo-discreti basati su memristor senza punti fissi [4]. Il metodo proposto, attraverso una opportuna perturbazione, consente di generare la dinamica desiderata, e pertanto rappresenta un approccio finalizzato alla realizzazione di sistemi caotici (basati su memristor) con caratteristiche dinamiche prefissate [4]. Anche in questo caso, il metodo è stato validato attraverso una realizzazione hardware basata su microcontrollore [4].

Ulteriori risultati su circuiti e sistemi innovativi di ordine frazionario sono stati pubblicati nel 2024 su rivista internazionale [5]-[6]. In particolare, in [5] sono state studiate le proprietà di stabilità di una classe di reti neurali tempo-discrete di ordine non-intero, mentre in [6] è stata proposta e validata sperimentalmente una nuova mappa frazionaria, sulla base di un sistema tempo-discreto non-intero già noto in letteratura come “Grassi-Miller map”.

Bibliografia

- [1] D. A. Miller, G. Grassi, "Experimental Realization of Observer-based Hyperchaos Synchronization", *IEEE Transactions on Circuits and Systems – Part I*, vol. 48, n. 3, pp. 366-374, 2001.
- [2] G. Grassi, D. A. Miller “Arbitrary observer scaling of all chaotic drive system states via a scalar synchronizing signal”, *Chaos, Solitons & Fractals*, vol.39, no.3, pp.1246-1252, 2009.
- [3] A. Gasri, A.A. Khennaoui, A. Ouannas, G. Grassi, A. Iatropoulos, L. Moysis, C. Volos, “A new fractional-order map with infinite number of equilibria and its encryption application”, *Complexity*, vol.22, pp.1-18, 2022.
- [4] J. Ramadoss, A. Ouannas, V. K. Tamba, G. Grassi, S. Momani, V-T Pham, “Constructing non-fixed-point maps with memristors”, *The European Physical Journal Plus*, vol.137, no.2, pp.211-220, 2022.
- [5] A Hioual, S Alomari, H Al-Tarawneh, A Ouannas, G Grassi, “Fractional discrete neural networks with variable order: Solvability, finite time stability and synchronization”, *The European Physical Journal Special Topics*, pp. 1-14, 2024.
- [6] A. Almatroud, G. Grassi, A. Khennaoui, A. Abbas, A. Ouannas, S. Alshammari, S. Albosaily, “A novel fractional memristor-based Grassi-Miller map: Hyperchaotic behavior and coexistence of attractors”, *Alexandria Engineering Journal*, vol. 93, pp. 1-6, 2024.