

Padova, 4 marzo 2020

**IL "CERVELLO IBRIDO" COLLEGATO VIA INTERNET  
CREATA PER LA PRIMA VOLTA UNA RETE IBRIDA NEURONALE ARTIFICIALE  
TRAMITE CONNESSIONI ISPIRATE ALLE SINAPSI**

Publicata su «Nature Scientific Reports» la ricerca dal titolo "*Memristive synapses connect brain and silicon spiking neurons*" in cui il team internazionale di ricercatori, coordinato da **Stefano Vassanelli del Dipartimento di Scienze Biomediche dell'Università di Padova**, spiega come sia possibile creare in vitro una rete ibrida elementare di tre neuroni, uno biologico e due artificiali, collegati in una rete tramite connessioni memristive ispirate alle sinapsi.

La ricerca è il primo step del Progetto SYNCH, coordinato da Stefano Vassanelli, che intende realizzare una connessione tra una rete di neuroni artificiali e una rete di neuroni cerebrali tramite elementi di dimensioni nanometriche, i memristori, che emulano le sinapsi. Nel cervello le sinapsi connettono i neuroni tra loro formando le reti neuronali cerebrali dove svolgono il duplice compito di trasmettere gli impulsi nervosi tra neuroni e di elaborarli.

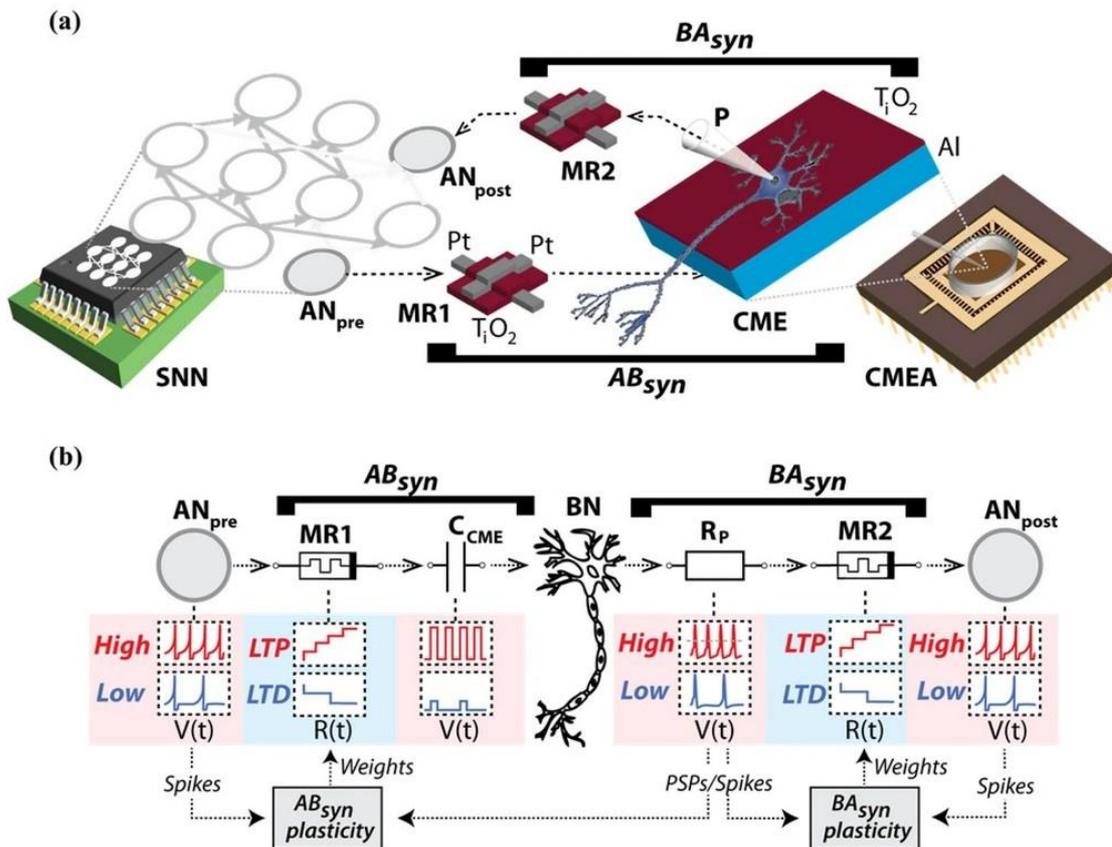


*Stefano Vassanelli*

Realizzando una comunicazione ispirata alle sinapsi tra neuroni artificiali e cerebrali, l'obiettivo del progetto SYNCH è dimostrare che reti neuronali artificiali possono essere utilizzate in

vivo come neuroprotesi capaci di sostituire reti neuronali cerebrali danneggiate o assisterle nel recupero funzionale. La visione di fondo è che questa nuova tecnologia possa trovare in futuro applicazione nel trattamento di patologie neurologiche come il Parkinson, l'ictus, o le lesioni spinali.

«In un modello in vitro, abbiamo dimostrato come neuroni artificiali su chip e neuroni cerebrali possono essere connessi tramite memristori che emulano una proprietà fondamentale delle sinapsi: la plasticità. Abbiamo creato per la prima volta - **dice Stefano Vassanelli** - una rete ibrida elementare dove tre neuroni, uno biologico e due artificiali, sono stati collegati in una rete tramite connessioni memristive ispirate alle sinapsi. Altro aspetto da sottolineare è che i neuroni sono stati messi in comunicazione via internet: i neuroni cerebrali situati a Padova, i neuroni artificiali a Zurigo e i memristori a Southampton. È una sorta di cervello elementare distribuito in diverse Nazioni, questa soluzione - **conclude Vassanelli** - rappresenta un'innovativa modalità di collaborazione e di sperimentazione tra gruppi europei e di discipline molto diverse come le neuroscienze, le scienze computazionali e la micro e nanoelettronica».



*Rete ibrida di neuroni artificiali e neuroni di cervello di ratto su chip collegati da memristori. (a) Una rete neuronale di neuroni artificiali e integrata in un microchip (visibile sulla sinistra) e' connessa a neuroni di cervello di ratto coltivati su un microchip (a destra) tramite elementi che simulano la funzione di sinapsi cerebrali (i memristori MR1 e MR2). (b) Un neurone artificiale presinaptico (ANpre) comunica con un neurone cerebrale (BN) tramite il memristore MR1 che trasmette gli impulsi nervosi e li elabora secondo regole di plasticita' sinaptica. Il Neurone cerebrale, a sua volta, comunica tramite un memristore MR2 con un secondo neurone artificiale (ANpost), formando una rete ibrida di tre neuroni: due artificiali e uno biologico. Nell'esperimento, i neuroni biologici erano a Padova, quelli artificiali a Zurigo e i memristori a Southampton, e gli impulsi venivano trasmessi via internet creando una rete geograficamente distribuita.*

Il progetto SYNCH è finanziato dalla Commissione Europea tramite il programma *Future and Emerging Technologies* (FET), ora *European Innovation Council*. Il Consorzio di SYNCH è Coordinato da S. Vassanelli dell'Universita' di Padova che si occupa, oltre che della coordinazione

del progetto, della validazione della tecnologia in modello animale assieme all'Università Bar-Ilan di Tel Aviv (Israele). L'Università di Southampton e la ditta ARC Innovation (UK) sono responsabili dello sviluppo dei memristori e dei loro sistemi di controllo, mentre l'Università di Dresda si occupa dello sviluppo dei componenti microelettronici e protocolli necessari per l'integrazione della rete neuronale ibrida. La ditta aiCTX di Zurigo sviluppa e gestisce la rete di neuroni artificiali su chip mentre l'Università di Graz studia nuovi modelli per l'utilizzo della rete artificiale per il riconoscimento dell'attività patologica della rete neuronale cerebrale e il suo controllo in tempo reale. La ditta Enginsoft (Italia), infine, sviluppa modelli di simulazione della risposta del tessuto cerebrale alla stimolazione tramite la neuroprotesi.

Titolo: "*Memristive synapses connect brain and silicon spiking neurons*" - «Nature Scientific Reports» 2020

Link alla ricerca: <https://www.nature.com/articles/s41598-020-58831-9>

Autori: Autori: Alexantrou Serb, Andrea Corna, Richard George, Ali Khiat, Federico Rocchi, Marco Reato, Marta Maschietto, Christian Mayr, Giacomo Indiveri, Stefano Vassanelli & Themistoklis Prodromakis

Approfondimenti su Progetto SYNCH: <https://synch.eucoord2020.com/>

## **MEMRISTIVE SYNAPSES CONNECT BRAIN AND SILICON SPIKING NEURONS**

The core idea of the SYNCH project is to connect an artificial network of electronic neurons realized on a silicon chip to brain neurons. The connection between silicon and biological neurons is established through memristors, nanodevices that emulate the function of brain synapses. Artificial neurons and brain neurons are reciprocally connected, such as biological neurons provide inputs to the artificial neurons and, along the return pathway, artificial neurons modulate the activity of brain neurons. Brain neurons are physically connected to memristors and to their electronic counterpart through a neural interface implanted in the brain, which enables the recording and adaptive electrical stimulation of neurons at the site of implantation. We envisage that this technology will be the basis for implantable devices where artificial neurons on-chip can rescue dysfunctions of brain networks that are focally damaged by injury – e.g., as a consequence of stroke – or by neurological diseases as in Parkinson's. The approach is validated in a rat model of neurological disease, where a deficit of dopamine in deep brain structures causes neurological deficits including learning impairment.

The SYNCH Consortium is highly interdisciplinary and includes, in addition to the Coordinator University of Padova (S. Vassanelli), the University of Southampton (UK), the Technical University of Dresden (Germany), the Technical University of Graz (Austria), The Bar Ilan University (Tel Aviv, Israel) and three companies: aiCTX (Zurich, Switzerland), ARC Instruments (Southampton, UK) and Enginsoft (Italy). The Universities of Padova and Bar Ilan are in charge of the neurobiology work, the Universities of Dresden and Southampton are responsible for developing the microelectronics supporting artificial-biological neurons intercommunication and the memristors as emulators of synapses. The University of Graz is in charge of developing the theory for using artificial networks of

spiking neurons to recognize pathological patterns of brain neurons activity and to adaptively stimulate them to restore function.

‘In this publication, we demonstrated that artificial neurons on a chip can be connected to brain neurons and that they can communicate by speaking the same 'spikes' language. Artificial and brain neurons were connected in vitro through nanoscale memristors that were capable to emulate basic functions of real synapses, supporting signal transmission between neurons and processing based on synaptic plasticity rules. By leveraging this technology, we have demonstrated for the first time a hybrid network of biological and silicon neurons. Intriguingly, biological neurons and artificial neurons were connected by memristors through the internet, thus forming a sort of elementary and geographically distributed hybrid brain’.

Link to the project web site: <https://synch.eucoord2020.com/>

Link to the publication: <https://www.nature.com/articles/s41598-020-58831-9>