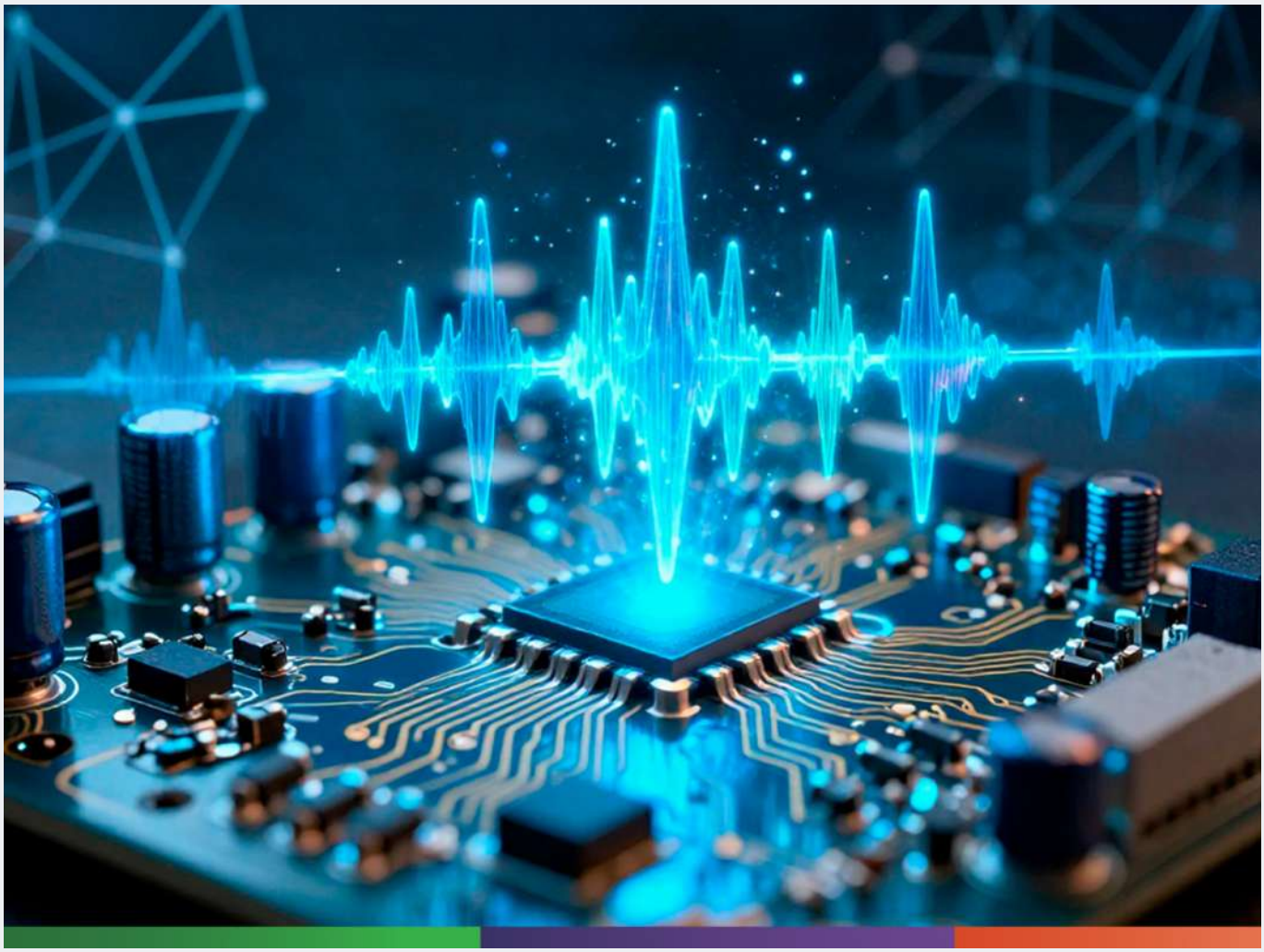
Электронная схема для генерации нейронных импульсов



При создании нейропротезов или аппаратных моделей нервной системы насекомых исследователям нужны компактные аналоги нейронов. Прямое воспроизведение математических моделей в электронике приводит к громоздким схемам: множество компонентов усложняет сборку и делает устройства ненадежными при масштабировании до тысяч клеток.

Научный коллектив с участием исследователей из Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого и Саратовского государственного университета предложил упрощенный вариант такого устройства. В статье журнала Chaos, Solitons & Fractals (квартиль Q1) исследователи описали схему, которая генерирует сигналы, похожие на активность нервных клеток, но состоит всего из нескольких элементов.

Авторы взяли за основу существующую реализацию нейрона ФитцХью — Нагумо и сократили число компонентов почти вдвое. В итоговой схеме остались колебательный контур, задающий ритм, операционный усилитель и набор диодов. Последние определяют форму сигнала. В симуляциях и экспериментах с макетом авторы показали: если добавить в диодный блок асимметрию (использовать разное количество диодов для положительной и отрицательной ветви), на выходе появляются узкие пики, напоминающие потенциалы действия биологических нейронов. При этом частота генерации почти не меняется и задается в основном элементами контура.

Это позволяет менять параметры сигнала без перестройки всей схемы — достаточно увеличить или уменьшить число диодов в блоке. Такой подход упрощает создание библиотеки элементов для разных типов нейронов.

Авторы проверили, как возникают колебания в схеме. Оказалось, что они появляются через бифуркацию Андронова — Хопфа, то есть по тому же сценарию, что и во многих математических моделях нервных клеток. Уравнения, которые вывели исследователи, хорошо совпали с результатами компьютерного моделирования и измерениями на реальном устройстве.

Оригинал статьи: [redacted]