Разработка заказной нейроморфной сверхбольшой интегральной схемы

Гришанов Н.В.², Зверев А.В.², **Ипатов Д.Е.¹**, Макаров Ю.С.², Мамычев В.И.²,
Полстянкин А.В.²

¹ ИФП СО РАН, 630090, Новосибирск, пр. Ак. Лаврентьева, 13

² ООО «Мотив НТ», 121205, Москва, территория инновационного центра Сколково, Большой бульвар, 42 с. 1. 2

DOI 10.34077/Semicond2019-444

На сегодняшний день существует множество классов задач (например, системы контроля производственных процессов; задачи машинного зрения и т.д.), для эффективного решения которых используется машинное обучение искусственных нейронных сетей. Однако, аппаратная реализация нейронных сетей на центральных процессорах (ЦП) и графических процессорах (ГП) требует больших энергетических ресурсов, что сильно усложняет применение нейронных сетей в различных областях человеческой деятельности. Для решения подобного рода задач современные достижения микроэлектроники позволяют разрабатывать и изготавливать более энергоэффективные и компактные сверхбольшие заказные интегральные схемы с нейроморфной архитектурой [1-3], которые в упрощённом виде стараются имитировать принципы работы биологических нейронных систем.

В рамках инициативного проекта, поддержанного инновационным центром «Сколково», был разработан прототип заказной нейроморфной СБИС, который представляет собой двумерную матрицу нейроморфных ядер размером 4 x 4, окруженную интерфейсами передачи данных между СБИС в направлениях «Север», «Восток», «Запад» и «Юг» и служебными подсистемами. Все функциональные блоки нейроморфной СБИС выполнены полностью в цифровом виде, поскольку они обладают требуемым детерминизмом в процессе работы и наиболее компактны в реализации на кристалле.

Элементарной ячейкой обработки в нейроморфной СБИС является нейроморфное ядро. Нейроморфное ядро – это конечный автомат, который за каждый временной шаг работы нейронной сети (тик) последовательно выполняет синаптические операции для каждого из 512-ти моделируемых им нейронов. В соответствии с выбранной моделью нейрона, ядро за время обработки нейронов может испускать определённым образом сформированные пакеты данных (спайки) на заранее указанные входные линии (дендриты) других нейронов. При этом целевой нейрон может находиться как в одном ядре или в пределах одной СБИС, так и в другой СБИС, поскольку процесс передачи спайков между ядрами выполнен «бесшовным» и граница между СБИС с точки зрения ядер отсутствует.

Данная нейроморфная СБИС предоставляет уникальный способ взаимодействия с чипами. Управление и конфигурирование нейроморфных ядер осуществляется посредством тех же интерфейсов, которые предназначены для обмена спайками между нейронами во время работы сети. Это позволяет значительно упростить внутреннюю инфраструктуру СБИС, унифицировать механизм адресации к ядрам нейронной сети и облегчить их применение в составе различных устройств.

Разработанная нейроморфная СБИС обладает высокой гибкостью для решения широкого класса задач, предоставляет практически неограниченное масштабирование числа синаптических связей у нейронов в ядре и снимает ограничения на количество адресатов, к которым может обратиться нейрон любого ядра в процессе выполнения нейронной сети. Объединением ядер в СБИС в двумерную матрицу мы можем получить легко масштабируемую нейронную сеть.

[1] B. Benjamin et al., *Proceedings of the IEEE*, **102**, 699 (2014).

[2] F. Akopyan et al., *IEEE Trans. on Comp.-Aid. Des. of Integrated Circ. and Sys.*, **34**, 1537 (2015).

[3] M. Davies et al., *IEEE Micro*, **38**, 82 (2018).