

# 一种基于数字信号控制的 CMOS 神经元电路

程泽军 1,2,3 ,李彬鸿 1,3 ,李 博 1,3 ,罗家俊 1,3 ,韩郑生 1,2,3

(1 中国科学院 微电子研究所, 北京 100029; 2 中国科学院大学,  
北京 100049; 3 中国科学院 硅器件与技术重点实验室, 北京 100029)

**摘要:** 采用  $0.18 \mu m$  CMOS 工艺设计了一种由数字信号控制的神经元电路. 相比于传统神经元电路, 本电路不需要偏置电压, 控制简单, 便于大规模集成. 在数字信号的控制下, 本电路可以方便地实现 Regular Spiking (RS), Fast Spiking (FS), Chattering (CH), Intrinsic Bursting (IB) 四种神经元脉冲响应模式. 此外本文介绍了一种激励型突触电路, 该电路的突触权值可以通过基于脉冲的 Spike Driven Synaptic Plasticity (SDSP) 学习机制进行调节. 在此基础上本文利用 3 个神经元与 2 个突触实现了 Pavlov 实验, 证明了所设计的神经元电路支持 SDSP 学习规则, 可以用于构建神经形态硬件.

**关键词:** 神经元; 数字控制; 突触; 电路

## A Digital-Controlled Silicon Neuron Circuit

CHENG Ze-jun 1,2,3 ,LI Bin-hong 1,3 ,LI Bo 1,3 ,LUO Jia-jun 1,3 ,HAN  
Zheng-sheng 1,2,3

(1 Institute of Microelectronics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029, China; 2  
University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China; 3 Key Laboratory of Silicon  
Device Technology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029, China)

**Abstract:** A digital controlled neuron circuit which mimics properties of biological neuron is presented using  $0.18 \mu m$  CMOS technology. Compared with other neuron circuits, the proposed one does not require a bias voltage, which facilitates circuit control and is beneficial to large-scale integration. Under the control of digital signals, the proposed circuit can easily generate four types of firing patterns: Regular Spiking (RS), Fast Spiking (FS), Chattering (CH), and Intrinsic Bursting (IB). In addition, we design an excitatory synapse circuit whose synaptic weight can be adjusted according to Spike Driven Synaptic Plasticity (SDSP) learning algorithm. Furthermore, we implement Pavlov experiment with three neurons and two synapses. The experimental result demonstrates that this neuron circuit supports SDSP learning algorithm and can be used in neuromorphic hardware.

**Key words:** neuron; digital control; synapse; circuit

**作者简介:**

程泽军 , (1993-), 硕士研究生.研究方向为集成电路设计.

李彬鸿 , (1983-), 博士, 副研究员.研究方向为半导体器件和集成电路的电磁兼容性分析.

李 博 , (1982-), 博士, 副研究员.研究方向为集成电路辐照效应和抗辐射加固技术.

罗家俊(通讯作者) , (1973-), 博士, 研究员, 博士生导师.研究方向为深亚微米集成电路低功耗设计技术、高性能深亚微米数模混合集成电路设计技术、智能功率集成电路设计技术等.E-mail:luojj@ime.ac.cn.

韩郑生 , (1962-), 硕士, 教授, 研究员, 博士生导师.研究方向为集成电路技术.