

一种基于 ECG 信号的无线睡眠分期系统

冯晓星¹, 唐飞², 李琰¹, 俞航¹, 葛彬杰¹
(¹ 深圳大学 计算机与软件学院, 广东 深圳 518060; ² 深圳信息职业技术学院, 广东 深圳 518029)

摘要: 为了提升睡眠分期系统的准确率和易用性, 采用了无线心电贴和桌上型心电处理设备的系统架构, 并设计了一款低功耗心电芯片. 睡眠分期算法基于单通道 ECG 信号的 RRI 和 HRV 的六个衍生特征训练 HMM 并作为分类器, 采用了 EEMD 算法对 RRI 序列标准化. 为了提升心电贴的续航时间, 采用系统级和电路级的低功耗手段. 测试表明, 系统平均分类准确率达到 93.2%. 心电芯片在 SMIC 0.18 μm 工艺下面积仅为 1.6 mm², 平均功耗 1.3 mW, 100 mAh 的电池供电心电贴能够工作 70 小时以上.

关键词: 睡眠分期; 睡眠监测; 隐马尔可夫; 低功耗

A Wireless Sleep-Staging System Based on Single Channel ECG

FENG Xiao-xing¹, TANG Fei², LI Yan¹, YU Hang¹, GE Bin-jie¹,
(¹ College of Computer Science & Software Engineering, Shenzhen University, Shenzhen 518060, China;

² Shenzhen Institute of Information Technology, Shenzhen 518029, China)

Abstract: To improve accuracy and convenience of sleep-staging system, a structure with desktop ECG harvest center and wireless ECG paste which integrates special ASIC is presented in this paper. The sleep-staging algorithm is based on six features which are derived from RRI and HRV of single channel ECG, and these features are fed to HMM as a classifier. In which, EEMD algorithm is used to standardize RRI sequence. To improve battery life of the ECG paste, low power design method on system level and circuit level are used. The test results show that the classification accuracy of sleep-staging system is 93.2% on an average. The ECG chip occupies only 1.6 mm² on SMIC 0.18 μm process and average power consumption is only 1.3 mW, which means 70 h continuously work under a 100 mAh battery for the ECG pastes.

Key words: Sleep staging; Sleep monitoring; HMM; Low-power

作者简介:

冯晓星 男, (1981-), 博士, 博士后, 研究员. 研究方向为 RFID、物联网、人工智能. E-mail: 14940249@qq.com.

唐飞 男, (1978-), 博士, 副教授. 研究方向为智能计算、人工智能、图像处理.

李琰 男, (1978-), 博士, 副教授. 研究方向为 CMOS 低噪声模数混合信号电路.

俞航 男, (1978-), 博士, 副教授. 研究方向为 CMOS 低噪声模数混合信号电路.

葛彬杰 男, (1982-), 博士, 研究员. 研究方向为模拟和射频集成电路设计.