

D16-075

Design Group

應用於智慧型牙套的睡眠中止症監測及控制整合型系統

Sleep Apnea Monitoring and Control Integrated System for Smart Oral Appliance Application

隊伍名稱 睡眠中止終結者 / OSA Terminator

隊長 葉昆穎 / 臺灣大學電子工程學研究所

隊員 陳司瀚 / 臺灣大學臨床牙醫學研究所

張家銘 / 臺灣大學機械工程學研究所



作品摘要

本作品提出一個應用於智慧型牙套的睡眠中止症監測及控制整合型系統，其主要由兩個系統單晶片所組成。一為搭載多種感測器的睡眠監測系統單晶片設計，應用於連續性的睡眠監控；一為可無線控制且可程式化的電刺激系統單晶片設計，應用於輸出電刺激波形刺激舌下神經及組織使其收縮收緊。使用此系統主要的設計目標除了收集及記錄口腔中的生理資訊，使止鼾牙套療法更具效率之外，還可以更進一步地做即時口內電刺激，在有必要時立即減緩阻塞性睡眠呼吸中止症，確保睡眠品質。

阻塞性睡眠呼吸中止症是睡眠呼吸中止症之最常見的一個種類，其起因是因為喉嚨肌肉的鬆弛及塌陷而在睡眠期間阻塞住呼吸道。止鼾牙套療法是治療打鼾及阻塞性睡眠呼吸中止症的一種很有效的療法，它可以將舌頭及下顎支撐在一個稍微靠前的位置，使喉嚨的軟組織拉緊而變的較有張力，進而得以避免呼吸道在睡眠的期間有阻塞的情況。止鼾牙套的優點很多，包含了相對舒適、穿戴容易、安靜、攜帶方便及維護容易，然而，止鼾牙套的使用需要根據患者回饋給醫師的意見來做許多次的微調才可以達到最佳的療效，這個過程需要花費許多時間。

因此，一個搭載了多種感測器的整合型系統應用在止鼾牙套的話將會使得此療法更加有效率。本作品中的系統結合了監偵以及電刺激兩個設計面向的系統單晶片做搭配，提供了阻塞性睡眠呼吸中止症的一個完整的解決方案。不但同時具有溫度、壓力、鼾聲過大及呼吸中止感測能力，可以提供完整並且連續性的睡眠監控及記錄，也具備立即舒緩呼吸道阻塞的能力。溫度的感測是為了監控患者每天使用牙套的頻率及時間，可幫助去除掉無效的數據；壓力的感測是為了記錄對牙套物理結構的微調非常重要的舌頭位置的定位。MEMS 麥克風同時也被整合進此智慧型牙套系統來做鼾聲的錄製及特徵的萃取，經過系統的數位訊號處理後，鼾聲過大、呼吸中止以及發生時的時間標記

都會被完整記錄下來提供給醫師做診斷的參考，或是傳出訊號觸發電刺激晶片來舒緩阻塞的症狀。其中口內電刺激的參數都可以透過無線通訊的方式以手機等手持裝置做調控，來達到個人最佳化的療效。

本整合系統具有溫度、壓力的感測和鼾聲過大、呼吸中止的偵測能力，可以提供止鼾牙套一個全方位及連續性的睡眠監控，記錄口腔中難以收集的生理資訊；也具備自動觸發口內電刺激的功能，除了接收監偵系統單晶片的觸發訊號，立即電刺激來舒緩阻塞的症狀外，也可無線控制電刺激參數來達到個人最佳化的療效。此外，本系統也同時設計了無線充電以及無線資料傳輸，使智慧牙套的電力問題得以解決，同時也可將感測到的生理訊號傳送至電腦及手機等裝置做分析整理，並與遠距醫療照護的服務做結合，使醫病之間的關係更加緊密，醫生更能夠完全且即時掌控病患情況，使得此口腔牙套裝置真正能夠成為一名副其實的「智慧型牙套」。



圖 1. 智慧型牙套與遠距醫療照護之應用情境圖

指導教授

呂學士 / 臺灣大學電子工程學研究所



美國 University of Minnesota 博士學位，目前任職於聯發科—臺灣大學創新研究中心主任，臺灣大學電機系教授與臺灣大學電子所教授。過去曾任臺灣大學電子所所長，曾獲國科會傑出研究獎及臺大電資學院學術貢獻獎。

研究領域：LNA、Mixer、VCO、PLL 等 CMOS 射頻積體電路的設計以及 ADC、PGA、Filter 等類比積體電路設計。目前更致力於生醫方面跨領域系統整合之前瞻性研究。

楊耀州 / 臺灣大學機械工程研究所



麻省理工學院（MIT）電機暨資訊系（EECS）電機博士學位。目前擔任臺灣大學機械工程學系教授及自 2011 年起兼任系主任暨所長（2014 年獲選連任）。中華民國自動化學會理事、中國機械工程學會理事、IEEE 及 ASME 的會員及 ASME 台灣分會的理事。曾獲國科會傑出研究獎及吳大猷先生紀念獎，亦獲選為台大績優研究人員。

研究領域：微機電系統及設計與製作、奈米技術、智慧節能光機電系統、可撓式感測陣列、無線感測器網路及平行運算等。

Abstract

This project proposes a sleep apnea monitoring and control integrated system, which consists of two SoCs (system-on-a-chip) for smart oral appliance application. One of them is a sleep monitoring SoC design with multiple sensors for continuous sleep monitoring; the other is a wireless-controlled and programmable stimulator SoC to stimulate the hypoglossal nerve and alleviate obstructive sleep apnea (OSA). Main purposes of this system are OSA alleviation and further improvement by utilizing the sensed bio-information. Obstructive sleep apnea, which occurs when the airway is blocked during sleep, is the most common type of sleep apnea. People with sleep apnea have many pauses in breathing while they sleep. Oral appliance therapy is an effective and popular treatment option for snoring and OSA because it is comfortable, easy to wear, quiet, convenient for travel, and easy to take care for. However, for each patient, many slight alterations have to be made to achieve the best effectiveness. Consequently, an integrated system with multiple sensors is able to make oral appliance therapy more efficient and effective.

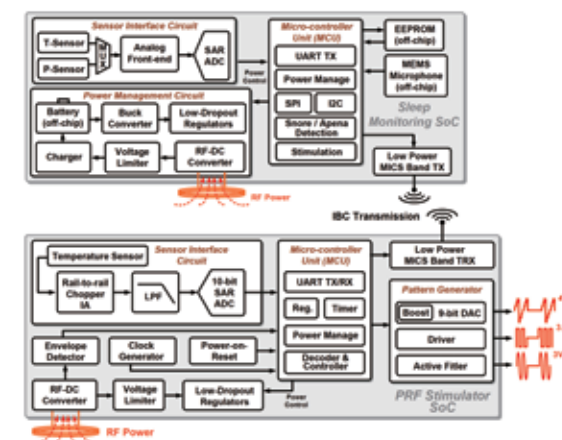


Fig 2. Block diagram of sleep apnea monitoring and control integrated system

In this project, we combine continuous monitoring and stimulation SoCs in one system and provide a complete solution for OSA alleviation. This system with the capabilities of temperature, pressure, snore and sleep apnea detection is proposed for complete and continuous sleep monitoring. Temperature sensing is for invalid data screening, and pressure sensing is for tongue positioning, which is a significant index for the adjustment of physical structure. MEMS microphone is also integrated on-board for snore recording and feature extraction. Further, the corresponding time stamp of large snore and apnea will be recorded for diagnosis or stimulation references. This system consists of an analog front-end circuit, an analog-to-digital converter (ADC), power management circuit, a medical implant communication service band transceiver, a digital signal processor, and a pattern generator. The analog front-end circuit will handle the signals come from temperature or pressure sensors sequentially. About the ADC, successive-approximation-register topology will be chosen for ultra low power consumption and decent effective number of bits. For the design of wireless transceiver, On-off-keying modulation is chosen because of its simplicity and low power consumption. Wireless powering technique is utilized to charge the button battery by a specifically designed charger. The digital signal processor handles all the signals, temporarily saves the data in EEPROM, and then sends it to the transmitter for wireless transmission.

The capabilities of temperature, pressure, snore and sleep apnea detection of this integrated system is going to enable oral appliance to achieve all-around and continuous sleep monitoring. The OSA alleviation by current stimulation also makes it possible to control OSA right away on demand. This system will provide a complete solution for OSA care and benefit millions of OSA patients.