

應用於單天線非接觸式生理監控之整合迴波消除器全積體化 60-GHz CMOS 毫米波直接降頻式都卜勒射頻感測晶片

A Fully-Integrated 60-GHz CMOS Direct-Conversion Single-Antenna Doppler Radar RF Sensor with Clutter Canceller for Noncontact Human Vital-Signs Detection

隊伍名稱 心靈捕手 / Heart Catcher

隊長 周建彰 / 成功大學電腦與通信工程學研究所

隊員 李子瑋 / 成功大學電腦與通信工程學研究所

王冠閔 / 成功大學電腦與通信工程學研究所

紀智瀚 / 成功大學電腦與通信工程學研究所

指導教授 莊惠如 / 成功大學電腦與通信工程學研究所

作品摘要

本研究使用 90-nm CMOS 製程，研製一個「應用於單天線非接觸式人體呼吸心跳訊號監控之整合迴波消除器全積體化 60-GHz CMOS 毫米波直接降頻式都卜勒射頻感測晶片」。此毫米波電路架構包含了壓控振盪器、注入鎖定除二除頻器、功率放大器、類循環器、低雜訊放大器、次諧波 I/Q 降頻混頻器以及由可變增益放大器和 360° 相移器所組成之靜態洩漏迴波消除電路。晶片面積為 2×2 mm²，整體的直流消耗功率為 217 mW。

量測結果於 60 GHz 處，發射端電路最大發射功率為 3 dBm、類循環器隔離度為 30 dB，接收端增益為 10.5 dB、靜態洩漏迴波消除電路可調範圍達 23.4 dB。人體最遠測試距離為 75 cm，可成功偵測到明顯的呼吸（約 0.4 Hz，24 次 / 分）及心跳（1.1 Hz，66 次 / 分）訊號，而 I/Q 通道亦能確保系統隨時正確運作。此毫米波射頻感測晶片呈現了完整且良好的電路特性，洩漏迴波消除器與高隔離度類循環器可有效消除發射機之洩漏訊號與背景反射雜亂回波，以增加系統靈敏度。

目前量測需使用 V-band cable（7-dB loss）連接感測晶片與 PCB 平面陣列天線（17-dBi），偵測收發過程有 14 dB 之損耗，若能將 PCB 平面陣列天線整合至感測晶片中，減少其 14 dB 之損耗，則可將感測靈敏度及距離大幅提升。此感測晶片有助於整合至手持行動裝置上，將之廣泛應用至遠端智慧醫療電子上。

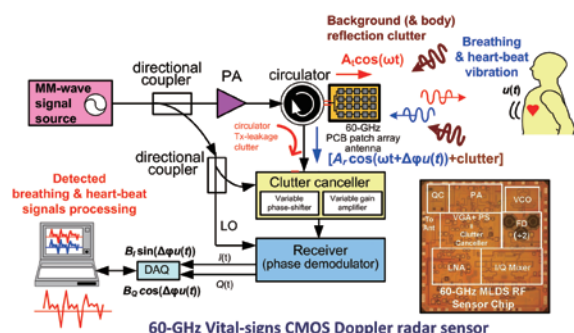


圖 1. 60-GHz 毫米波非接觸式人體呼吸心跳訊號感測之整合迴波消除器的全積體化 CMOS 直接降頻式都卜勒射頻晶片圖

Abstract

This report has presented a 60-GHz CMOS direct-conversion vital-signs Doppler radar RF sensor with a clutter canceller for single-antenna noncontact human vital-signs detection. The radar chip consists of a voltage-controlled oscillator, divided-by-2 frequency divider, power amplifier, quasi-circulator, low-noise amplifier, I/Q sub-harmonic mixer, and a clutter canceller. The clutter canceller, consisted of a variable-gain amplifier and a full 360° phase-shifter, has demonstrated the clutter cancellation to enhance the detecting sensitivity of weak vital signals. The chip size is 2×2 mm² and the power consumption is 217 mW.

The measured results show that the total transmitting power is about 3 dBm. As for the receiver, the conversion gain of the receiver is 10.5 dB and the clutter cancellation capability is 23.4 dB. The experimental measurements show clearly recorded waveforms of the heartbeat (1.1 Hz) and breathing signals (0.4 Hz) when the clutter is cancelled at a distance of 75 cm with a 17-dBi 60-GHz patch-array PCB planar antenna.

The presented integrated 60-GHz vital-sign RF sensor is devoted to be integrated in small portable communication devices. It will be very useful for the wireless remote physiological monitoring healthcare and tiny vibration detecting applications.

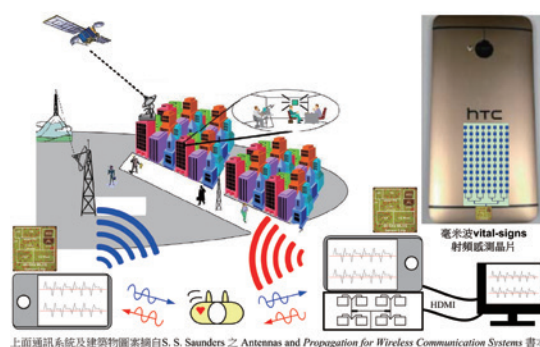


圖 2. 朝向將感測晶片整合至小型高增益的 PCB 毫米波平面陣列天線，使之能放置於智慧型手機或其他小型監測裝置上，以應用至遠距健康照護之智慧醫療電子的重要願景