

電機資訊學院 2020 實作專題競賽 BRAIN PLUS HAND

可消除偏移誤差及閃爍雜訊壓抑互補式金氧半導體飛時測距型深度影像感測器 A CMOS Time-of-Flight Depth Image Sensor with In-Pixel Offset Cancellation and Flicker Noise Suppression

組別:EECS10 組員: 李承哲 許家華

一、前言

本論文參考截波穩定技術(Chopper Stabilization Technique)，並透過模擬及下線實作一個能消除偏移誤差的互補式金氧半導體飛時測距型深度影像感測器。透過開關極性切換的技術，能夠解決曝光時間背景光達飽和的問題。

為解決飛時測距型深度影像感測器(TOF image sensor)的像素(pixel)內背景光(background light)飽和的問題，我們選擇了使用感光二極體(photodiode)做極性轉換積分的架構。然而，此架構會有偏移誤差累加的問題。但藉由結合photodiode polarity switching的技術及截波穩定技術，我們能夠提高SNR及增加量測精準度。

此架構使用TSMC 0.18微米1P6M互補式金氧半導體標準製程檔進行模擬，設計並模擬驗證一個擁有 32×32 像素陣列的飛時測距型深度影像感測器原型，類比及數位端的操作電壓皆為 3.3 伏特。影像感測器的像素間距(pixel pitch)為 20 微米。我們的目標是希望透過下線實作整個IC design的流程，來驗證理論的正確性。

二、原理分析及系統介紹

1. 影像感測器運作原理:此次設計主要是實現一個利用飛時測距法的深度影像感測器。整個系統操作的方式如下，首先Pixel Array會先進行曝光，利用Row Control把光訊號row by row的讀出，並且藉由column shared comparator將光訊號跟Ramp Generator產生的斜率訊號做比較，再透過column counter計算光訊號的大小，最後經由column mux輸出數值。由於不同距離下反射的光，所產生delay不同，因此在sensor端接受光訊號時，利用四個不同相位的訊號，對接收的光訊號進行積分，並搭配演算法即可以計算出物體所在的距離。

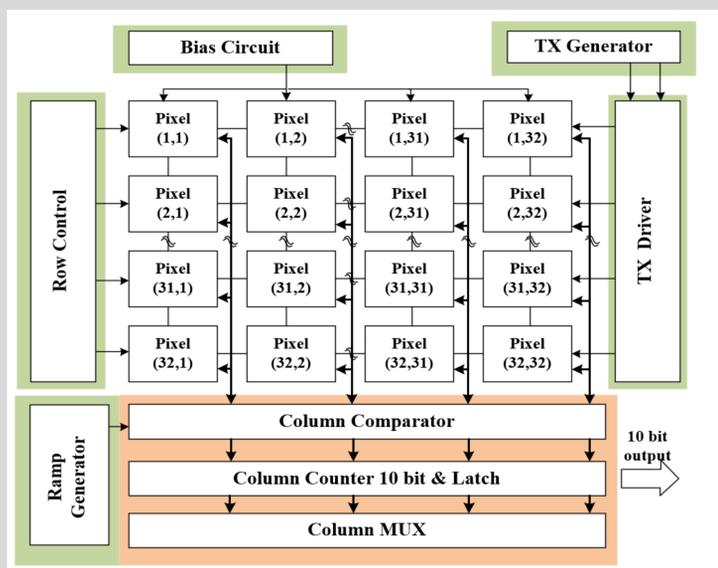


Fig.1

2. 系統設計

(1) Pixel

Fig.2是單一個Pixel的架構示意圖。透過兩組switch (Φ_{add} , Φ_{sub})來切換Photodiode的極性對光訊號進行積分，藉此消除背景光累積的問題。如Fig.2所示，此Pixel架構是由photodiode、photodiode switches、CTIA、讀出電路的buffer所組成。

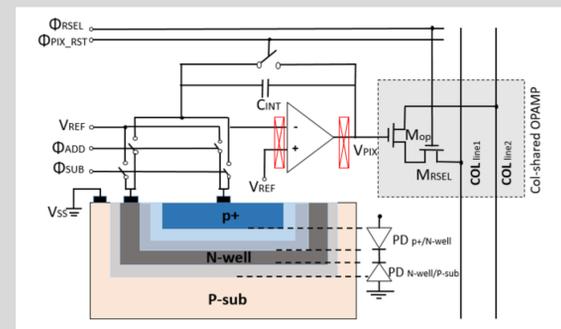


Fig.2

(2) Op-Amp and Chopper structure:

如Fig.3，此設計使用的Op-Amp架構為differential in single-ended out folded-cascode。而此架構除了運用在Comparator以外也有用在Ramp Generator。

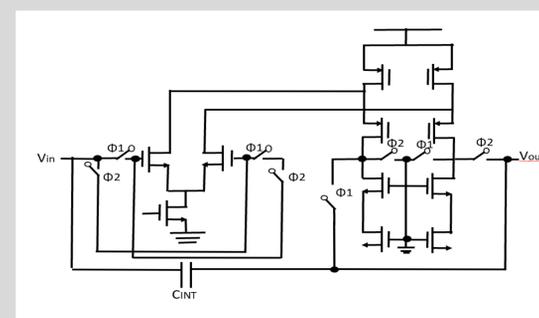


Fig.3

Fig.2中紅色方框處為加入Chopper結構的地方，Fig.3則為Op-Amp及Chopper 電路架構。透過兩組switch (Φ_1, Φ_2)，切換極性，使得由寄生電容所累積的offset，能夠在四個sub frame積分後，相互消除，並同時保持電路是負回授(negative feedback)。

三、實驗結果

(1)Fig.4 左圖為量測距離與實際距離的比較結果；右圖為經過校正(Calibration)後的比較結果。模擬結果顯示，截波穩定的頻率設定在調變頻率(Modulation Frequency)的二分之一時，能夠最有效的消除感光二極體及寄生感光二極體所造成的偏移誤差的累加。距離範圍為在 0 到 40 公尺達到 99% 線性度。

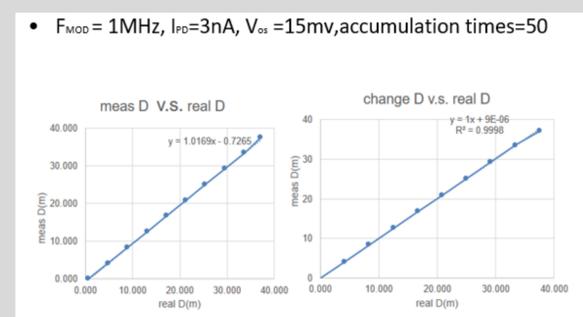


Fig.4

(2)晶片(Fig.5)及PCB(Fig.6)的Layout布局圖

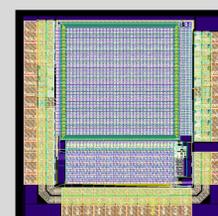


Fig.5

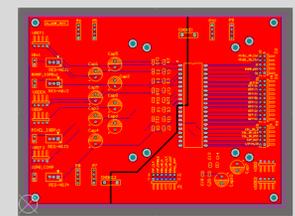


Fig.6

四、參考文獻

[1] Tzu-Hsiang Hsu, Student Member, IEEE, Ting Liao, Nien-An Lee, Student Member, IEEE, and Chih-Cheng Hsieh, Member, IEEE "A CMOS Time-of-Flight Depth Image Sensor With In-Pixel Background Light Cancellation and Phase Shifting Readout Technique"