

Researcher 송인호, 전자공학과 (ihsong411@ajou.ac.kr)

Professor 지동우, 전자공학과

ABSTRACT

- 우주선, 소형 인공위성, 일광 반사 장치 등의 태양의 위치를 감지하는 어플리케이션에 사용되는 태양 센서는 저전력, 작은 크기, 큰 시야각(FoV), 높은 정확도를 가지는 것에 중요성이 있다.
- 기존의 디지털 태양 센서는 역전압이 필요한 광다이오드(PD) 기반의 이미지 센서를 사용하고 창 층을 구분하여 제작하기 때문에 전력소모와 대량생산에 있어 단점이 있다.
- 본 연구에서는 창 층과 언바이어스된 PD 기반의 분산형 1b 광-디지털 변환기(LDC)를 단일 칩으로 집적하여 저전력과 작은 크기, 큰 시야각(FoV)을 가지면서 대량생산에 적합한 디지털 태양 센서를 설계하였다.
- 제안하는 디지털 태양 센서는 0.18 μm CMOS 공정으로 구현하였다.

OBJECTIVES

- 크기를 줄이고 대량생산에 유리하도록 집적된 창 층 설계
- 빛의 입사각에 알맞은 센서 셀을 고르기 위한 회로 설계
- 센서 배열 층에 입사되는 빛의 강도에 따라 주파수를 조절하는 클락 발생기 설계

CIRCUIT DESIGN

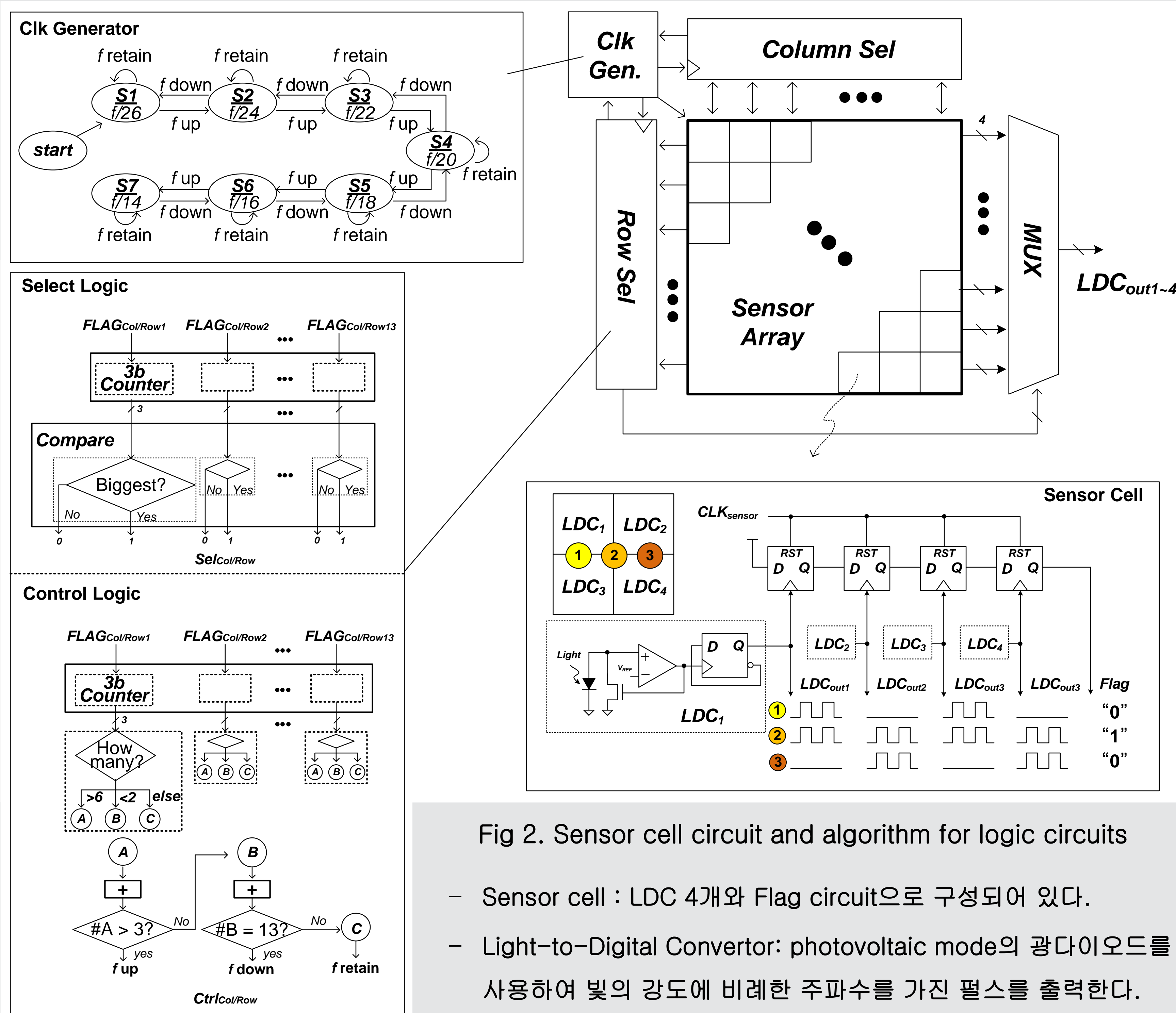


Fig 2. Sensor cell circuit and algorithm for logic circuits

- Sensor cell : LDC 4개와 Flag circuit으로 구성되어 있다.
- Light-to-Digital Convertor: photovoltaic mode의 광다이오드를 사용하여 빛의 강도에 비례한 주파수를 가진 펄스를 출력한다.

CONCEPT & WINDOW

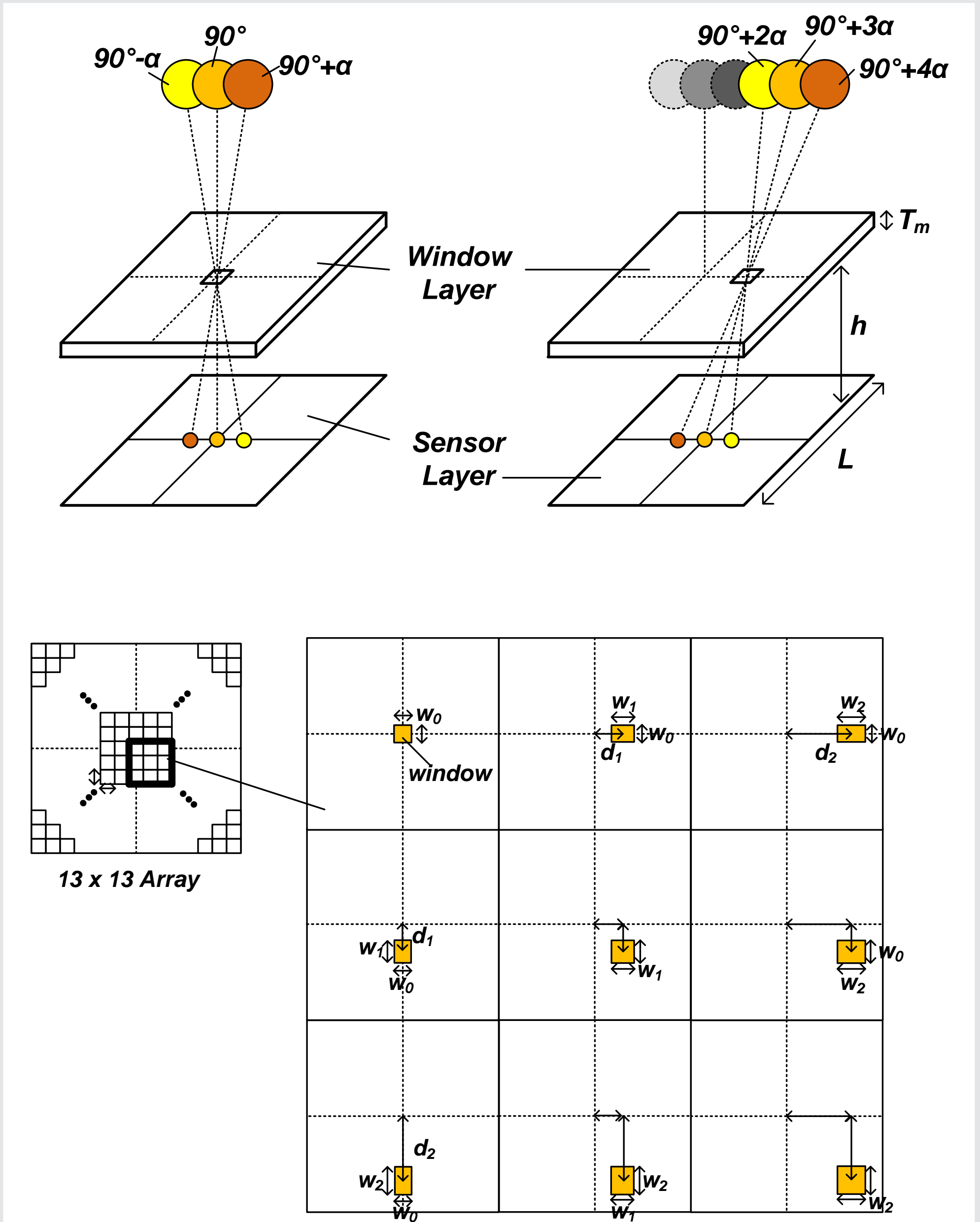


Fig 1. Concept and proposed window layer

- Flag circuit: 주기적으로 리셋되는 플립플롭 4개로 구성되어 있다. LDC 4개의 출력 각각이 플립플롭의 clock input이 된다. 4개 LDC 출력 비율이 비슷한 지에 대하여 판단해주는 Flag 신호를 출력한다.
- Select Logic: 각 열과 행으로 묶인 Flag "1" 신호의 개수를 센다. Flag 신호가 가장 많은 열/행을 파악하여 해당하는 센서 셀의 주소를 알려준다. MUX의 select 입력이 된다.
- Control Logic: 열/행에서의 Flag 신호가 전체적으로 얼마나 빈번하게 나오는지 파악한다. 그 빈번함의 정도에 따라 클락 발생기에서의 클락 ($\text{CLK}_{\text{sensor}}$, $\text{CLK}_{\text{sensor}}/8$, Enable)의 주파수를 변화시키는 명령 신호를 출력한다.
- Clk Generator: 여덟 개의 state를 가진 state machine으로 구성되어 있다. Ctrl Logic의 출력에 따라 state가 달라지게 되며 각 state에서는 그에 맞는 주파수의 클락 신호들을 생성한다. 클락 신호는 기준 클락에 동기화되어 생성된다.

RESULTS

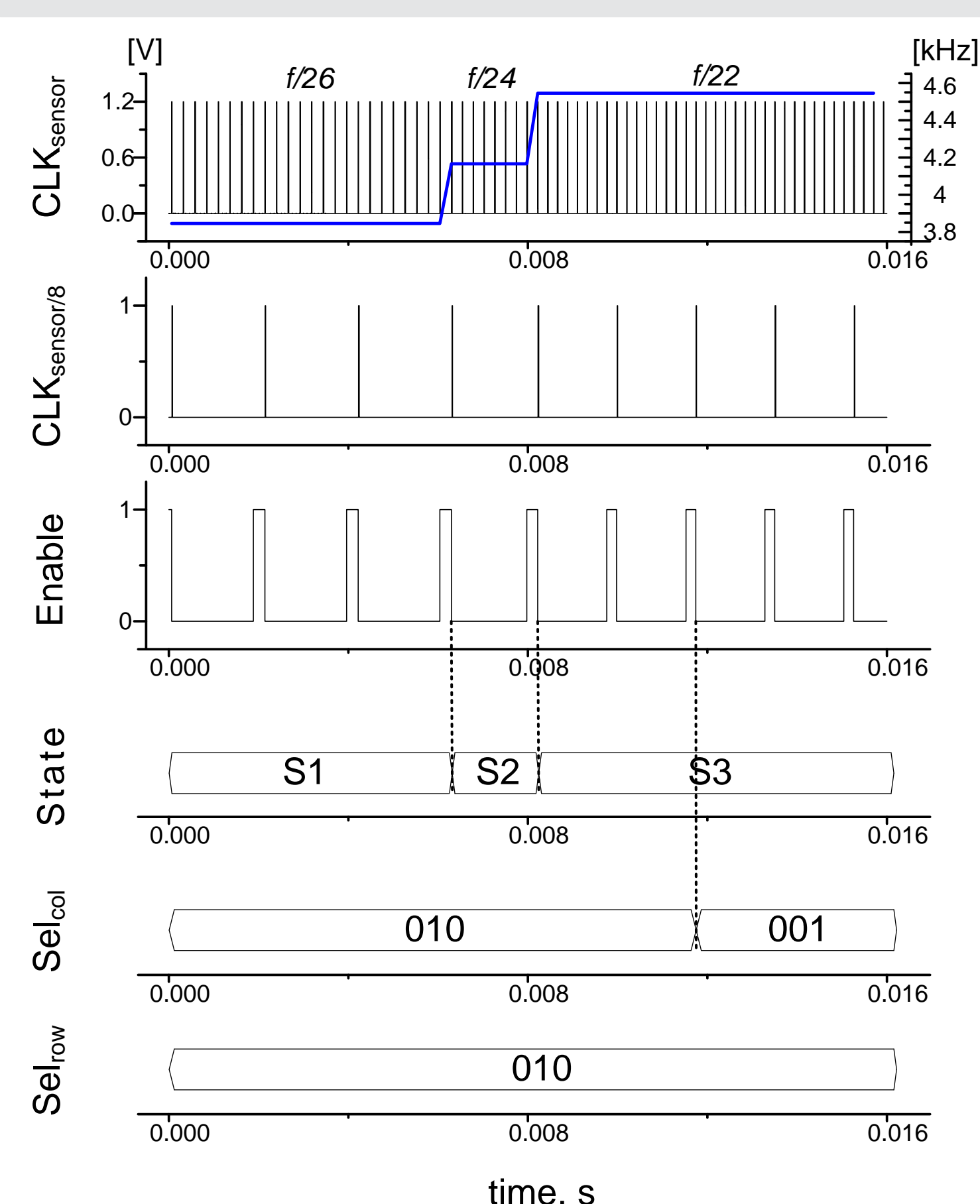
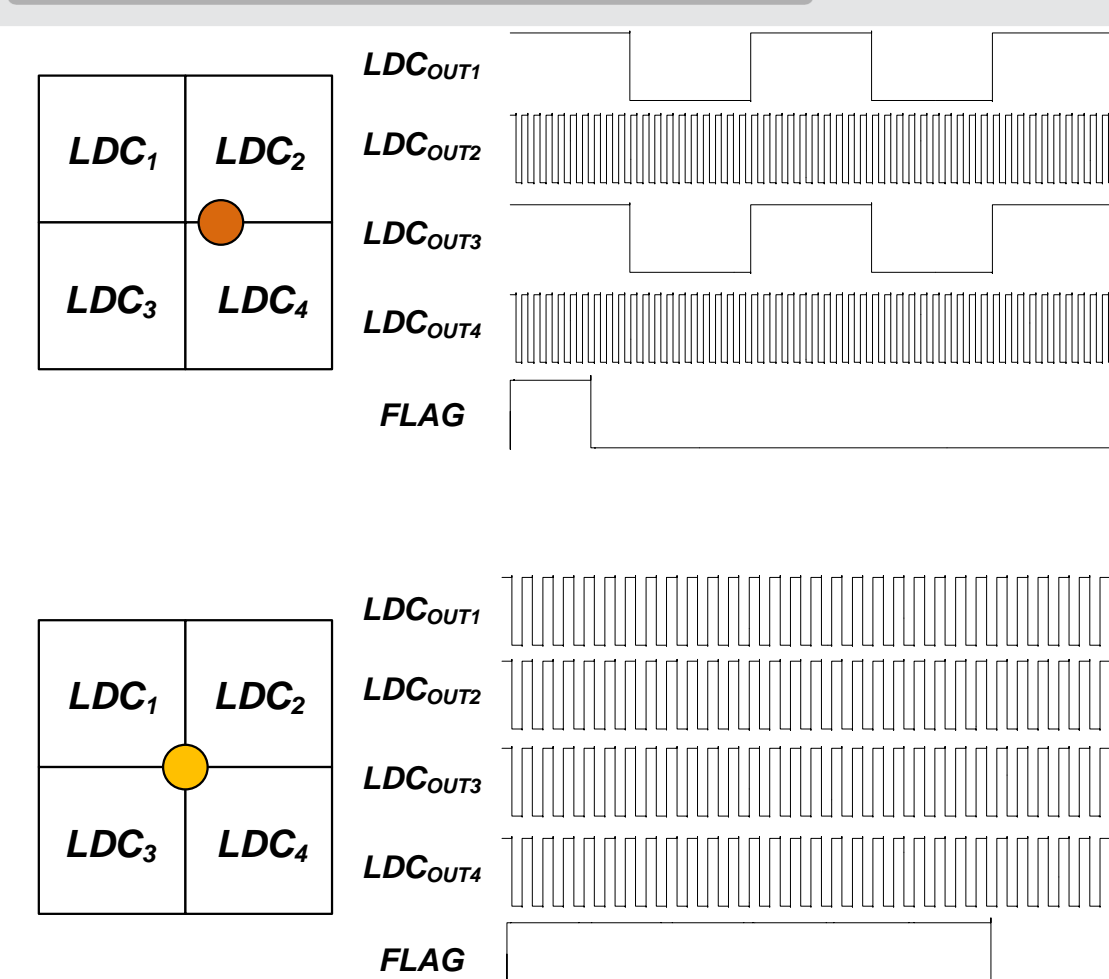


Fig 3. Flag signal and operation simulation

Fig 4. Layout

- Flag signal simulation: 위 fig 2에서 sensor cell의 Flag circuit의 시뮬레이션 결과이다. 입사한 빛이 4개의 LDC의 중앙에서 벗어나게 되면 느린 주파수의 LDC 출력이 존재하므로 Flag 신호가 나오지 않는다. 반대로 중앙에 빛이 입사한다면 4개의 LDC 출력 비율이 비슷하므로 Flag 신호가 빈번하게 나오게 된다.
- Operation simulation: 3x3 센서 배열로 간소화하여 빛의 입사각이 바뀌는 상황을 모델링한 시뮬레이션 결과이다. State가 변화함에 따라 $\text{CLK}_{\text{sensor}}$ 의 주파수 변화를 볼 수 있으며 빛이 LDC 4개 중앙에 존재하는 센서 셀에 대한 주소지가 바뀌는 것을 볼 수 있다.

CONCLUSIONS

- 본 연구는 distributed 1b LDC와 two-step coarse-fine의 태양 위치 감지 동작을 통해 저전력을 달성하고 동작속도를 높였다. 또한 창 층을 집적함으로써 부피를 크게 줄일 수 있었다.
- 제안하는 구조는 단일 센서 셀에서 최대 1.5 μW 전력소모를 한다. 또한 480.7Hz ~892.8Hz의 동작 속도를 갖는다.