

HW5

記憶體積體電路 Memory Circuit Design

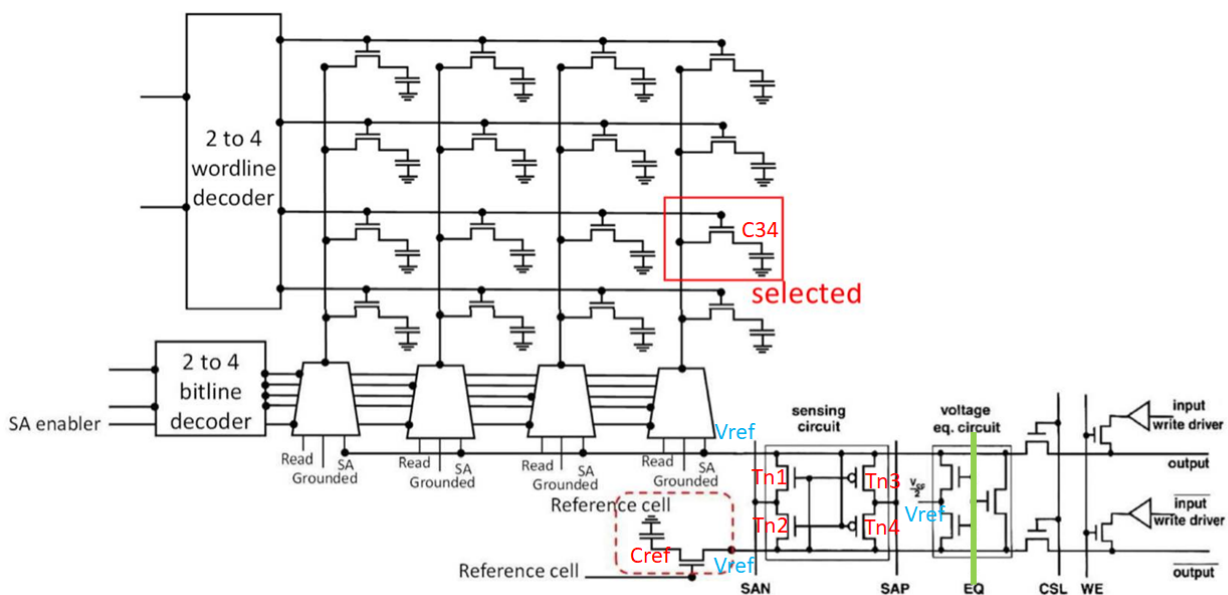
電機 4A 109501201 陳緯亭

December 24, 2023

1. Read Operation

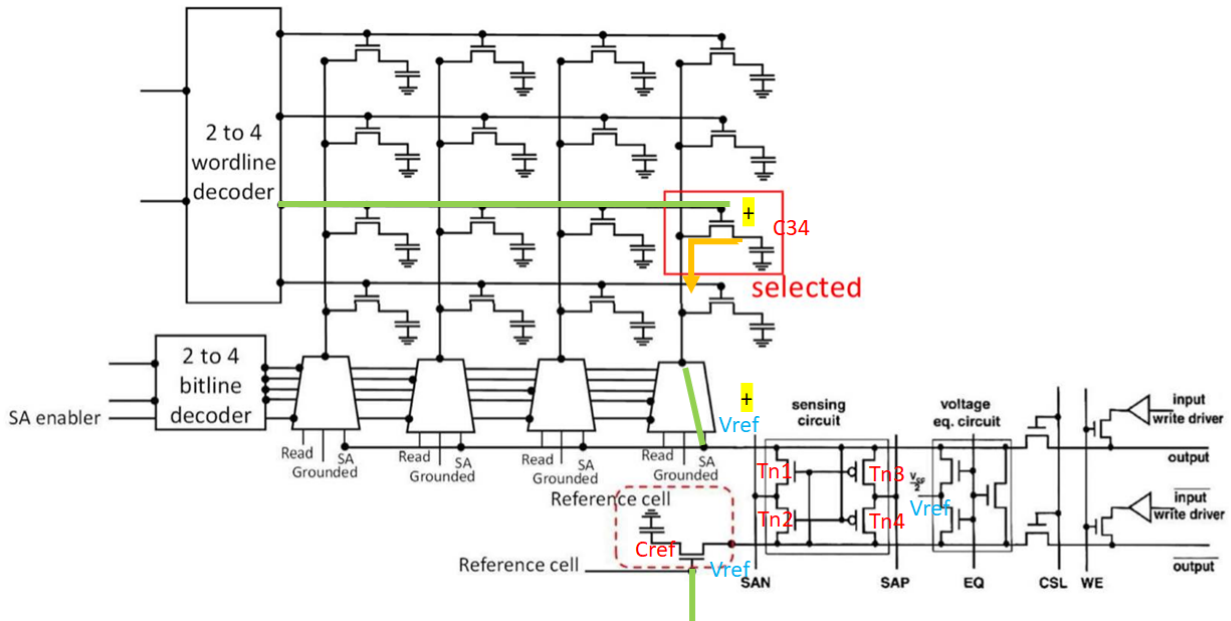
Step 1: Precharge

打開 EQ。Bitline 和 $\overline{\text{Bitline}}$ 穩定在參考點 $V_{ref} = \frac{V_{CC}}{2}$



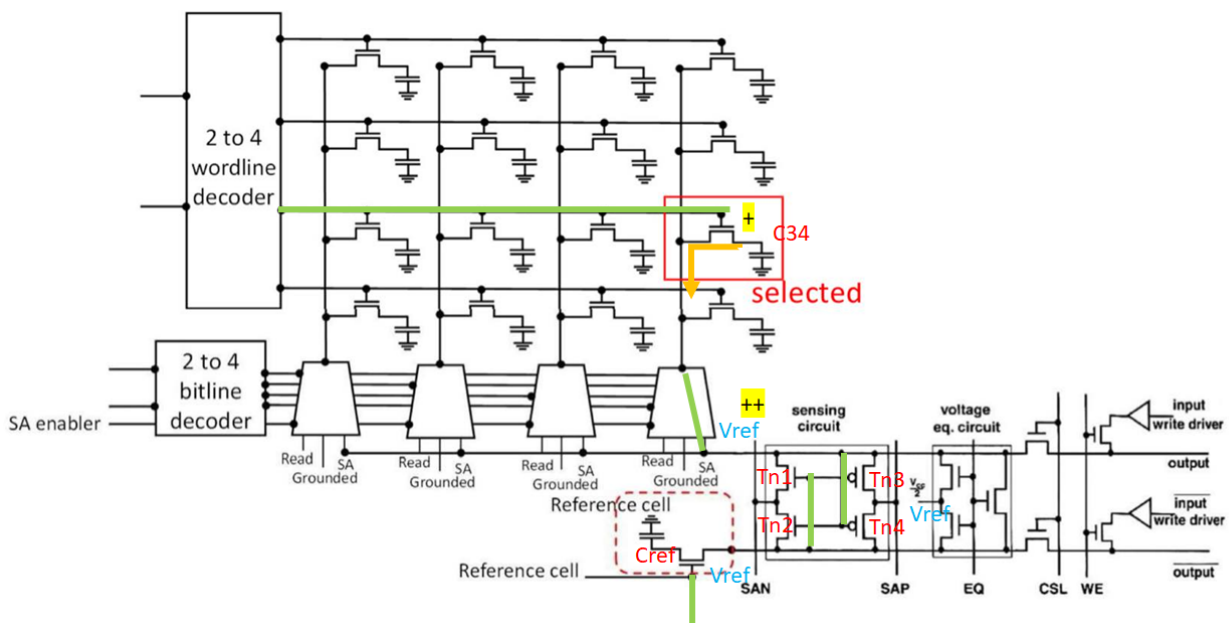
Step 2: Access

關閉 EQ。開啟 Wordline。Capacitor (C34) 儲存正電荷會流向 Bitline，Capacitor (Cref) 儲存的正電荷會流向 $\overline{\text{Bitline}}$ 。Capacitor 有儲存正電荷的，會把 Bitline (或 $\overline{\text{Bitline}}$) 的電壓拉升到 $V_{ref} +$ 。



Step 3: Sense

如果 Bitline ($\overline{\text{Bitline}}$) 被拉升到 $V_{ref}+$ 。Tn2 (Tn1) 比 Tn1 (Tn2) 更具導通性，而 Tp1 (Tp2) 比 Tp2 (Tp1) 更具導通性。這時，SAN (Sense-Amplifier N-Fet Control) 為邏輯 0，SAP (Sense-Amplifier P-Fet Control) 則為邏輯 1 的電壓亦即 V_{cc} 。藉此， $\overline{\text{Bitline}}$ 上的電壓更快被 SAN 拉到 0 (1)，同理，Bitline 上的電壓也被 SAP 拉到邏輯 1 (0)。最後的穩定狀態極為儲存 Capacitor 的信息。反之亦然。

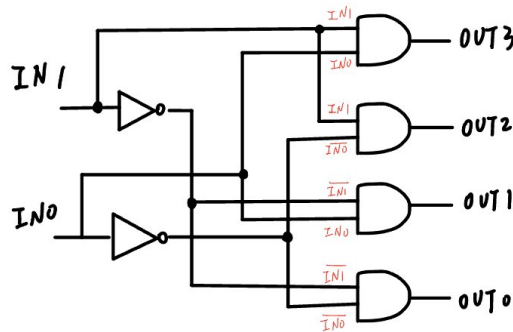


Bitline 會處於的邏輯 1 (0)，這時候 Bitline 會對 Capacitor 充電。經過特定時間後，Storage Capacitor 就可以恢復到 Read 前的狀態。CSL 打開，外界可以從 output 和 $\overline{\text{output}}$ 上 Read。



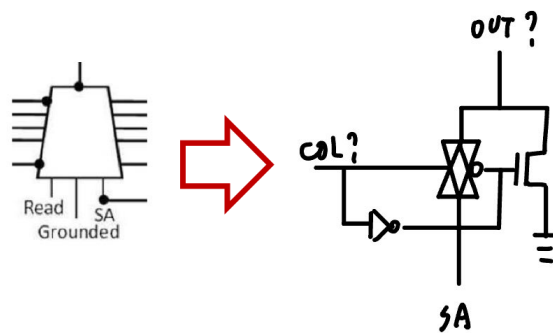
3. 2 to 4 Decoder Circuit

用兩個 2 to 4 decoder 去選擇 selected cell。wordline decoder 選擇的是 row，bitline decoder 選擇的是 column。下圖畫的是沒有 SA enabler，有 enabler 的，只是在這 4 個 AND Gates 上各加上一個 enable input。



4. The SA Circuit

用 Transmission gate 做開關 bitline decoder 選擇的 column 決定哪一個 Transmission gate 開啟接出去到 Bitline 上。在此 4x4 mini 1T1C DRAM array 會有 4 個 SA Circuit，因為有 4 個 column。



5. 參考資料

1. 【DRAM 存储器二】Sense Amplifier
2. DRAM 原理 1：DRAM Storage Cell

6. Timing

先 Write 1、Read 1，再來 Write 0、Read 0。

圖上的 1, 2, 3, 4 操作分別為 1. Precharge。2. Access。3. Sense。4. Restore。

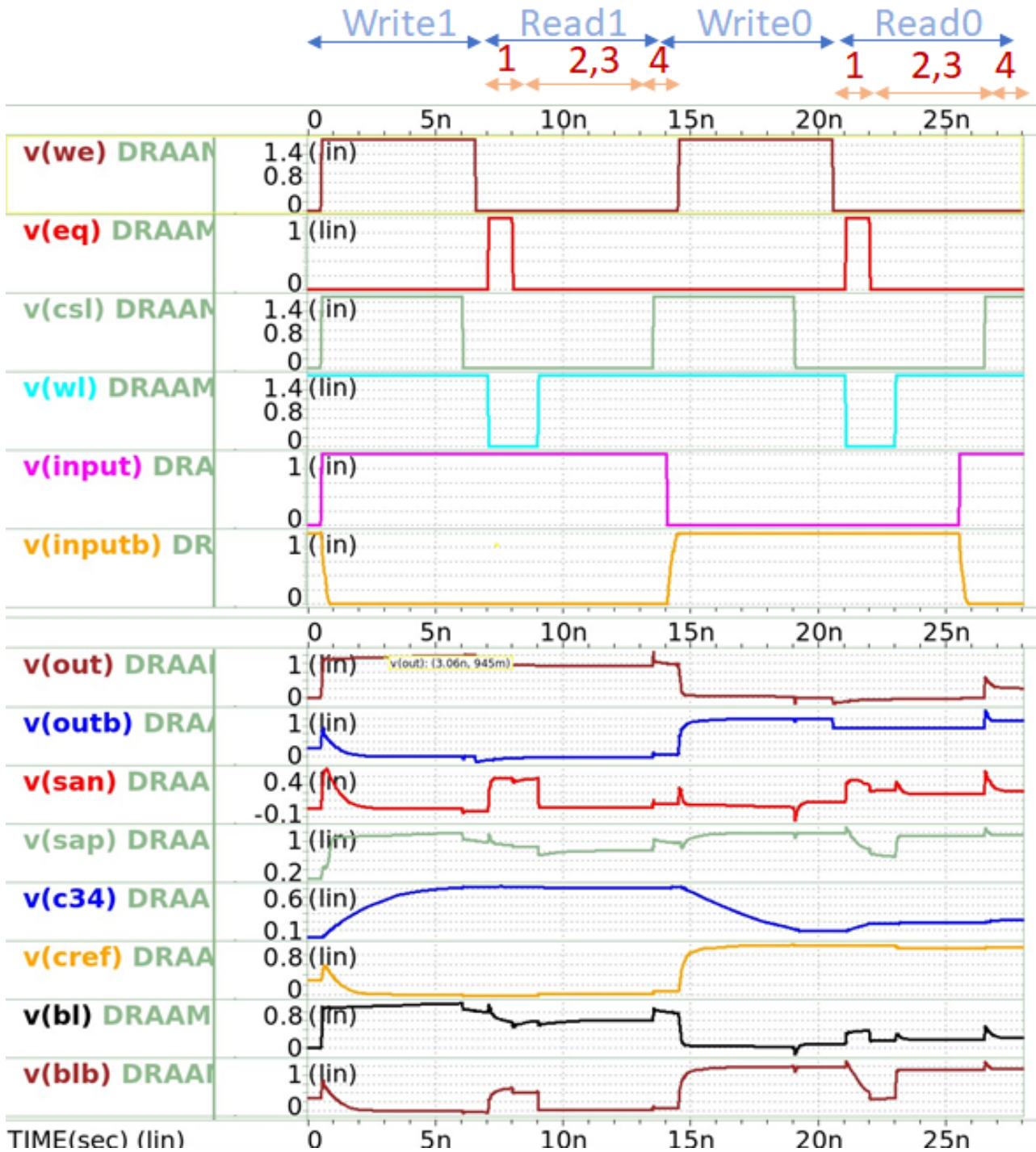


Fig. 1: The Waveforms for Main Signal

有設定每個 cell 的初始值，一開始的偏壓會依照初始值，unselected cell 會隨時間會有些微掉電壓或上升電壓，但不至於影響判斷結果。

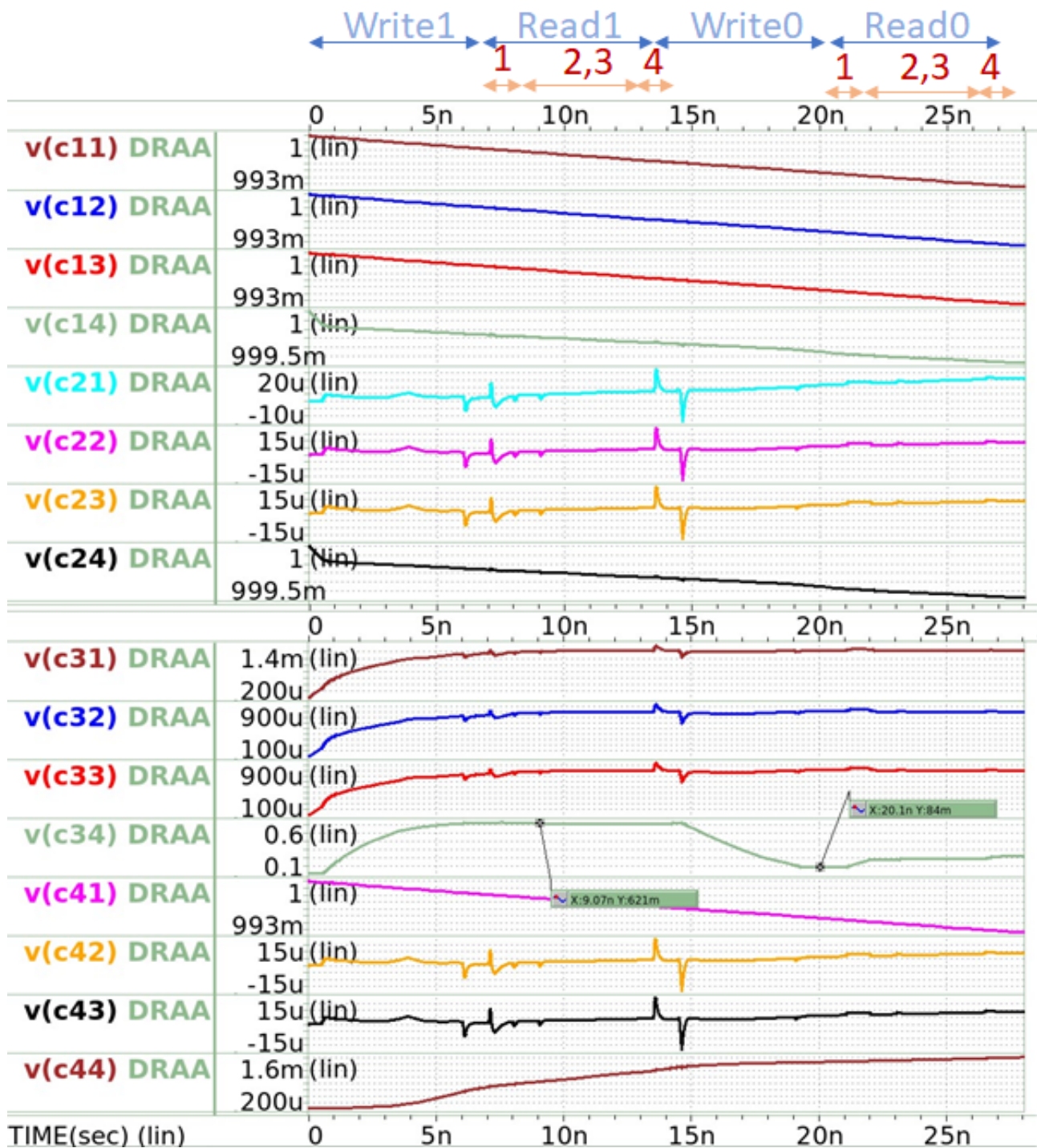


Fig. 2: The Waveforms for each cell

Decoder 的訊號線選擇，因為是 Select the cell at the 4th column and 3rd row (C34)，所以 $ir1 = 1$ 、 $ir0 = 0$ 選擇第 3 個 row， $ic1 = 1$ 、 $ic0 = 1$ ，選擇第四個 column。SA enabler 訊號跟著 WL 的波形行動即可。

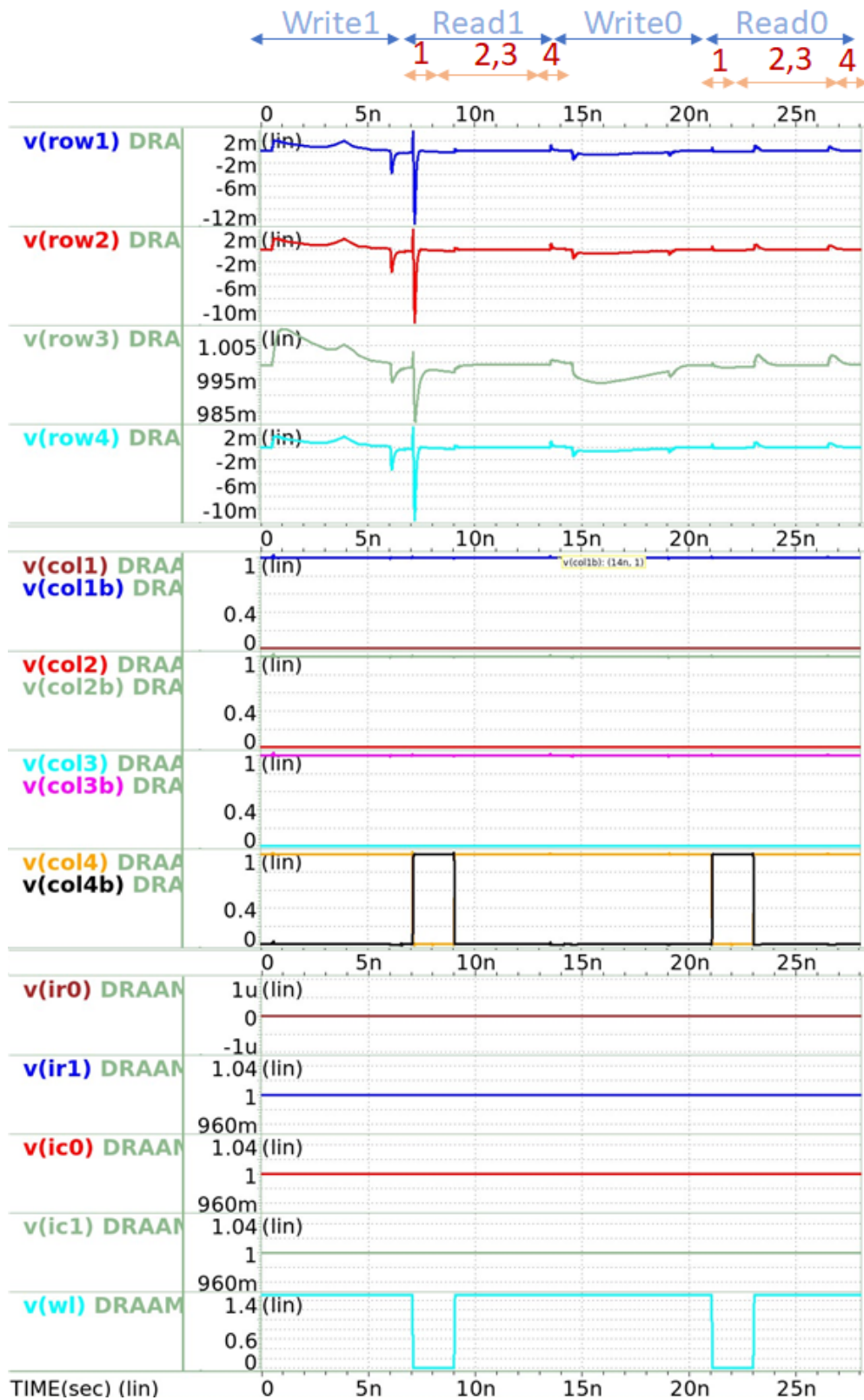


Fig. 3: The Waveforms for Decoder Selection

選擇 column 4。所以只有 out4 有電壓。

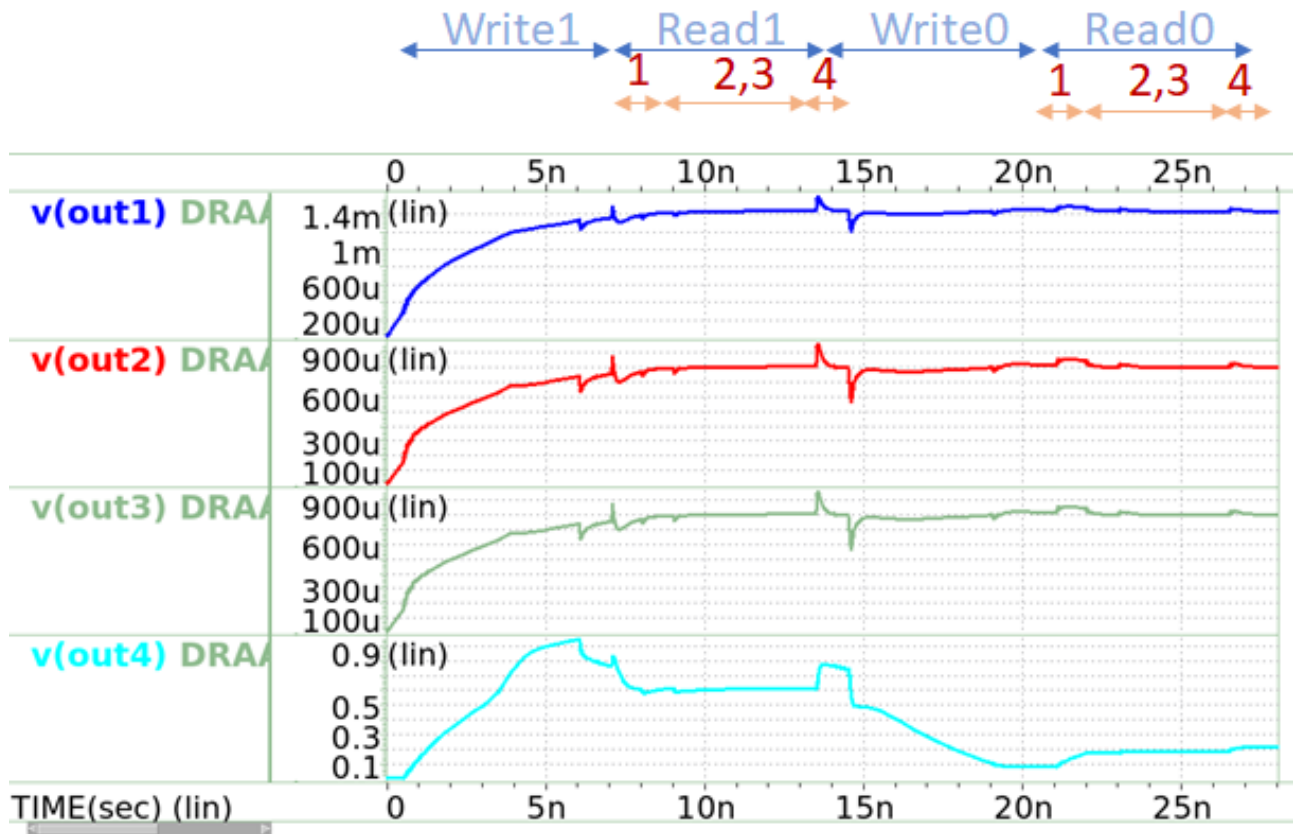


Fig. 4: The Waveforms for Selected Column