

# HW4 - TCAM Operations

## 記憶體積體電路 Memory Circuit Design

電機 4A 109501201 陳緯亭

December 14, 2023

### 1. NAND-type TCAM

• Store Mode: WL 提升至  $V_{DD}$ 。可以寫入 BL/SL 的值到  $Q_i$ ， $\overline{BL}/\overline{SL}$  的值到  $\overline{Q_i}$ 。在下方電路中，則會寫入 DL 的值到  $Q_j$ ， $\overline{DL}$  的值到  $\overline{Q_j}$ 。

• Search Mode: 當  $Q_j = V_{DD}$ ， $\overline{Q_j} = 0$ ，此為 Don't care mode。不管  $Q_i(\overline{Q_i})$  和 SL( $\overline{SL}$ ) 有沒有匹配。ML 都 match (0(M))。反之，當  $Q_j = 0$ ， $\overline{Q_j} = V_{DD}$ ，此為 Care mode，匹配資訊在下方。

$Q_i$	$\overline{Q_i}$	SL	$\overline{SL}$	ML
0	1	0	1	0(M)
1	0	1	0	0(M)
0	1	1	0	1(MM)
1	0	0	1	1(MM)

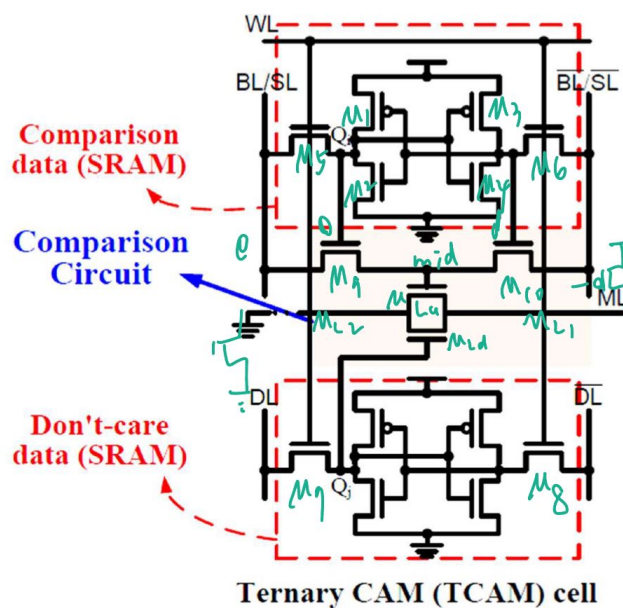
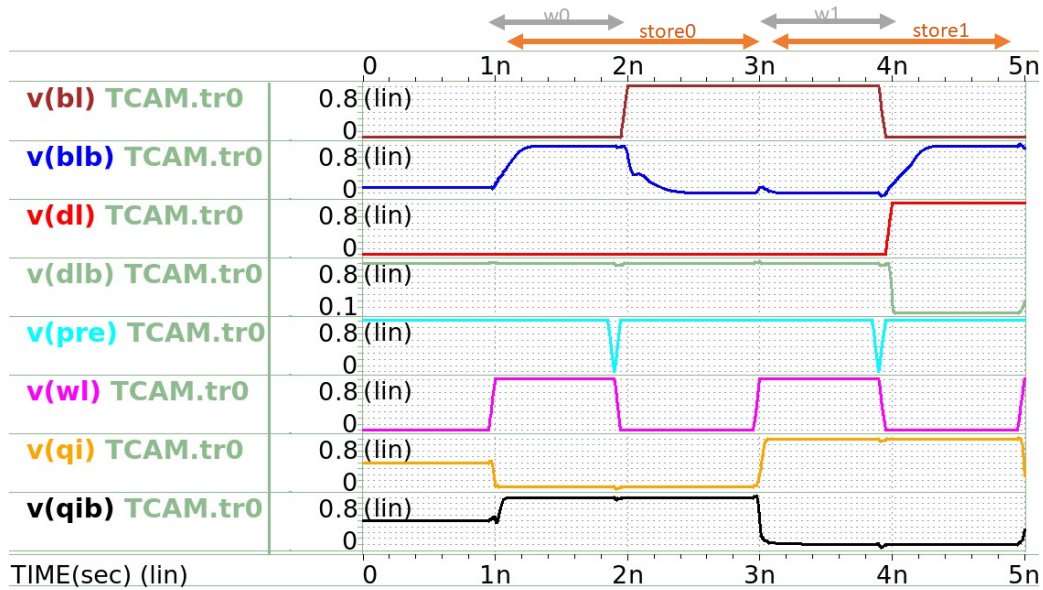


Fig. 1: NAND-type Circuit

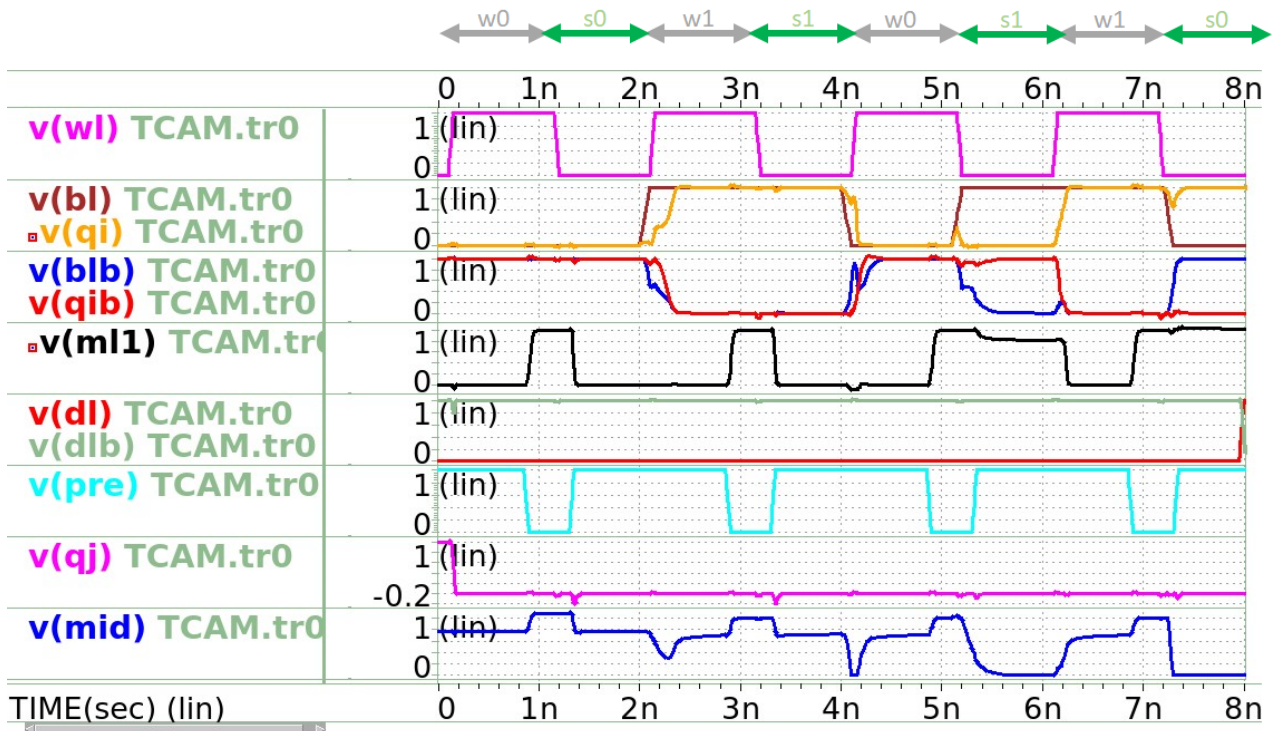
## 1.1. Store Mode

WL 電壓提升至  $V_{DD}$  為 logic-1，M5 和 M6 打開，即可用 BL 和  $\overline{BL}$  寫入資料到  $Q_i$  和  $\overline{Q_i}$ 。圖上方的 w0 為寫入  $Q_i = 0, \overline{Q_i} = 1$ ，w1 為寫入  $Q_i = 1, \overline{Q_i} = 0$ 。



## 1.2. Search Mode - Care mode

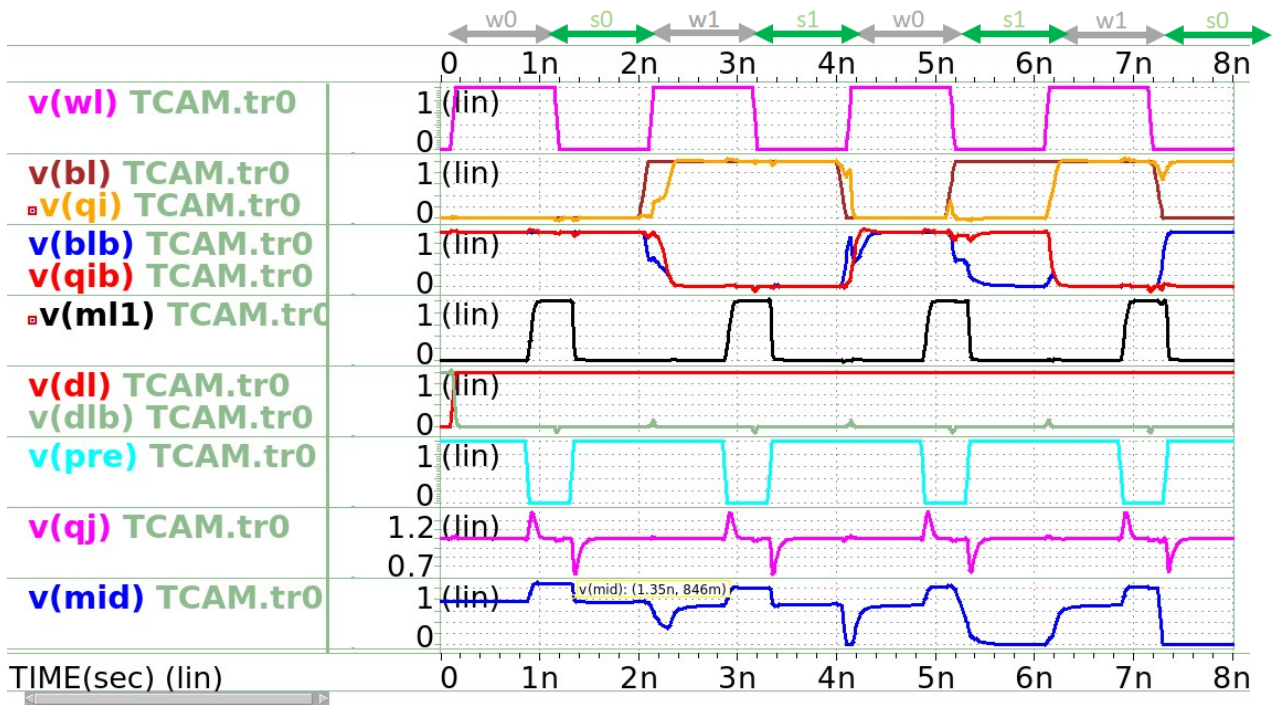
在 Care mode 下，DL 和  $\overline{DL}$  須分別寫入 0 和  $V_{DD}$  到  $Q_j$  和  $\overline{Q_j}$ ，以確保接到 ML 那顆 nMOS 是關閉的。w 為寫入，s 為搜索資料。match (M) 為 0，mismatch (MM) 為 1。



### 1.3. Search Mode - Don't care mode

在 Don't Care mode 下，DL 和  $\overline{DL}$  須分別寫入  $V_{DD}$  和  $V_0$  到  $Q_j$  和  $\overline{Q_j}$ ，以確保接到 ML 那顆 nMOS 是開啟的。w 為寫入，s 為搜索資料。

$Q_i$	$\overline{Q_i}$	SL	$\overline{SL}$	ML
0	1	0	1	0(M)
1	0	1	0	0(M)
0	1	1	0	0(M)
1	0	0	1	0(M)



## 2. NOR-type TCAM

- Store Mode: WL 提升至  $V_{DD}$ (1)。可以寫入  $BL$  的值到  $Q_i$ ， $\overline{BL}$  的值到  $\overline{Q_i}$ 。

• Search Mode: 當  $Q_i = V_{DD}$ ,  $\overline{Q_i} = V_{DD}$  (storeX) 或  $SL = 0$ ,  $\overline{SL} = 0$  (sX)，此為 Don't care mode。不管  $Q_i(\overline{Q_i})$  和  $SL(\overline{SL})$  有沒有匹配。ML 都 match (1(M))。反之，當不為  $Q_i = V_{DD}$ ,  $\overline{Q_i} = V_{DD}$  且不為  $SL = 0$ ,  $\overline{SL} = 0$ ，此為 Care mode，匹配資訊在下方。

$Q_i$	$\overline{Q_i}$	SL	$\overline{SL}$	ML
0	1	0	1	1(M)
0	1	1	0	0(MM)
1	0	0	1	0(MM)
1	0	1	0	1(M)

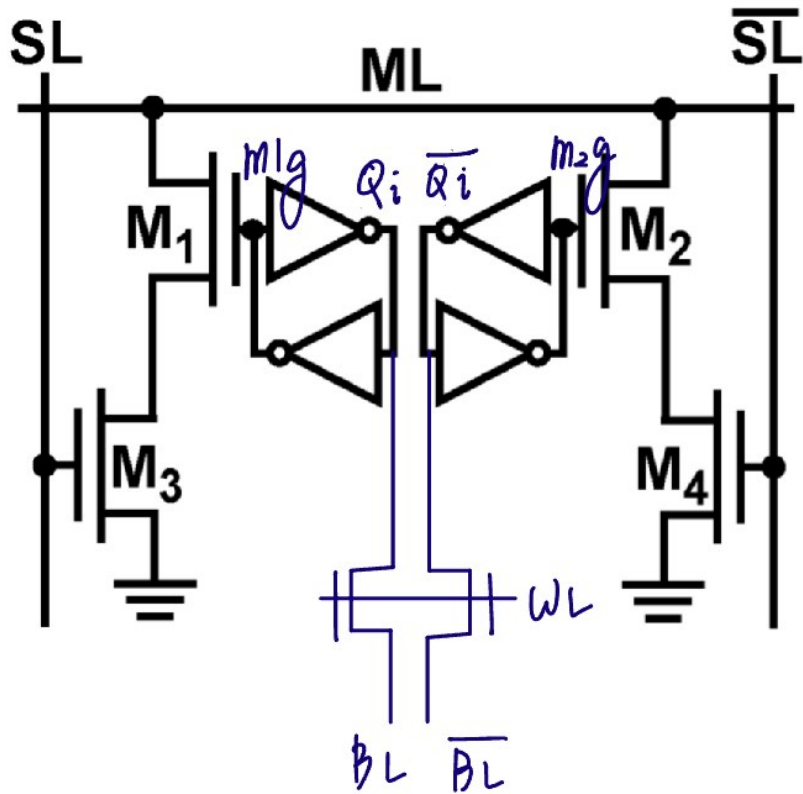
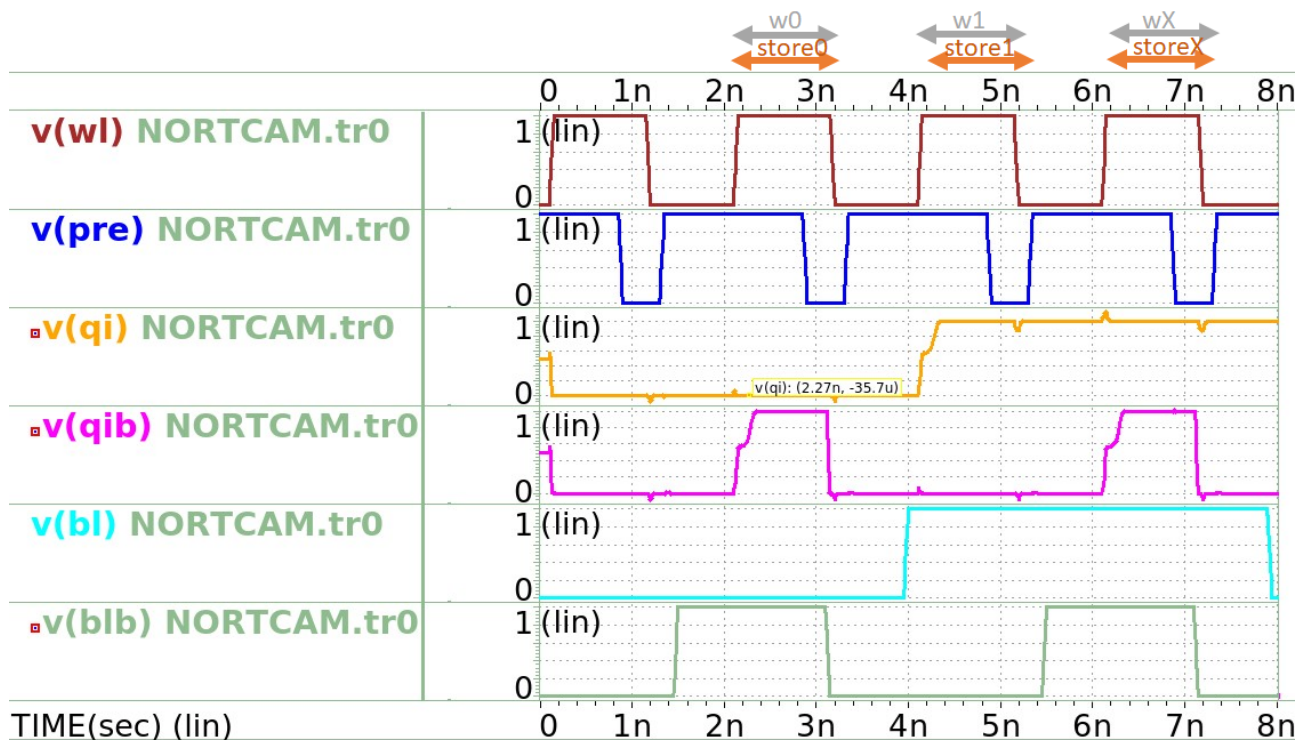


Fig. 2: NOR-type Circuit

### 2.1. Store Mode

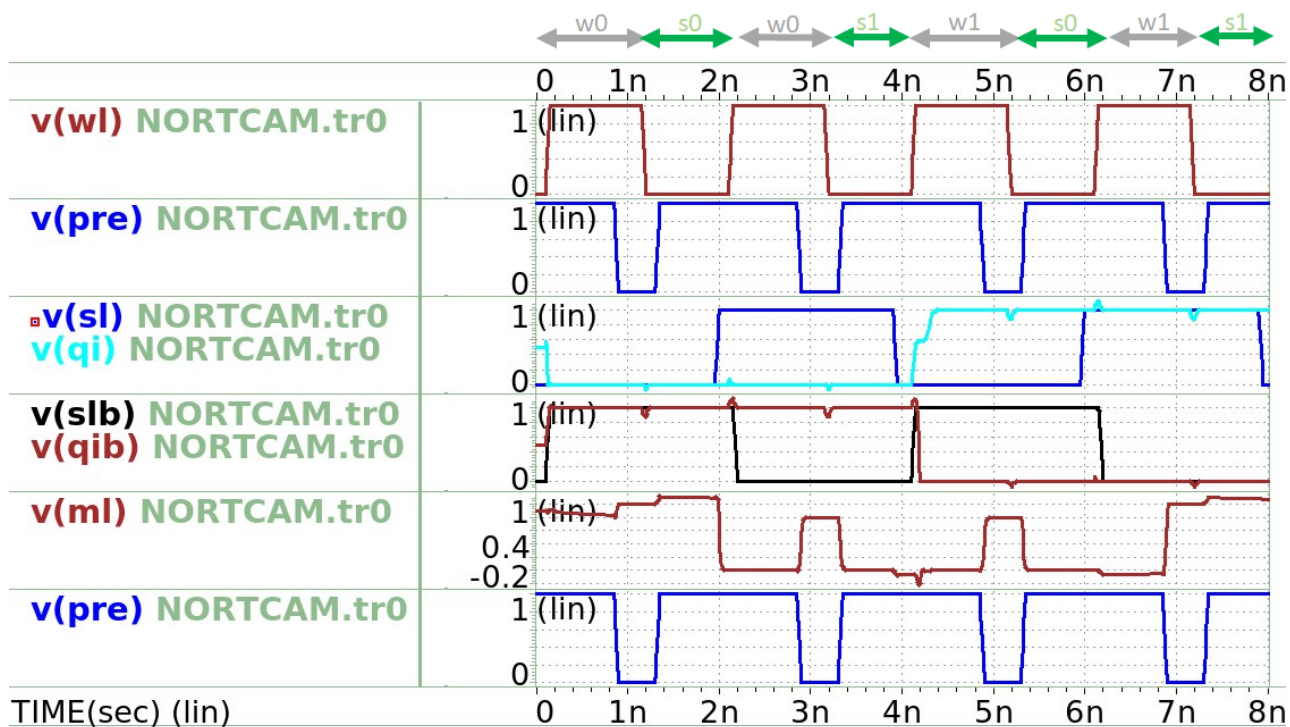
WL 電壓提升至  $V_{DD}$  為 logic-1，將兩個 nMOS 打開，即可用 BL 和  $\overline{BL}$  寫入資料到  $Q_i$  和  $\overline{Q_i}$ 。圖上方的 w0 為寫入  $Q_i = 0$ ,  $\overline{Q_i} = 1$ ，w1 為寫入  $Q_i = 1$ ,  $\overline{Q_i} = 0$ ，wX 為寫入  $Q_i = 1$ ,  $\overline{Q_i} = 1$ 。





## 2.2. Search Mode - Care mode

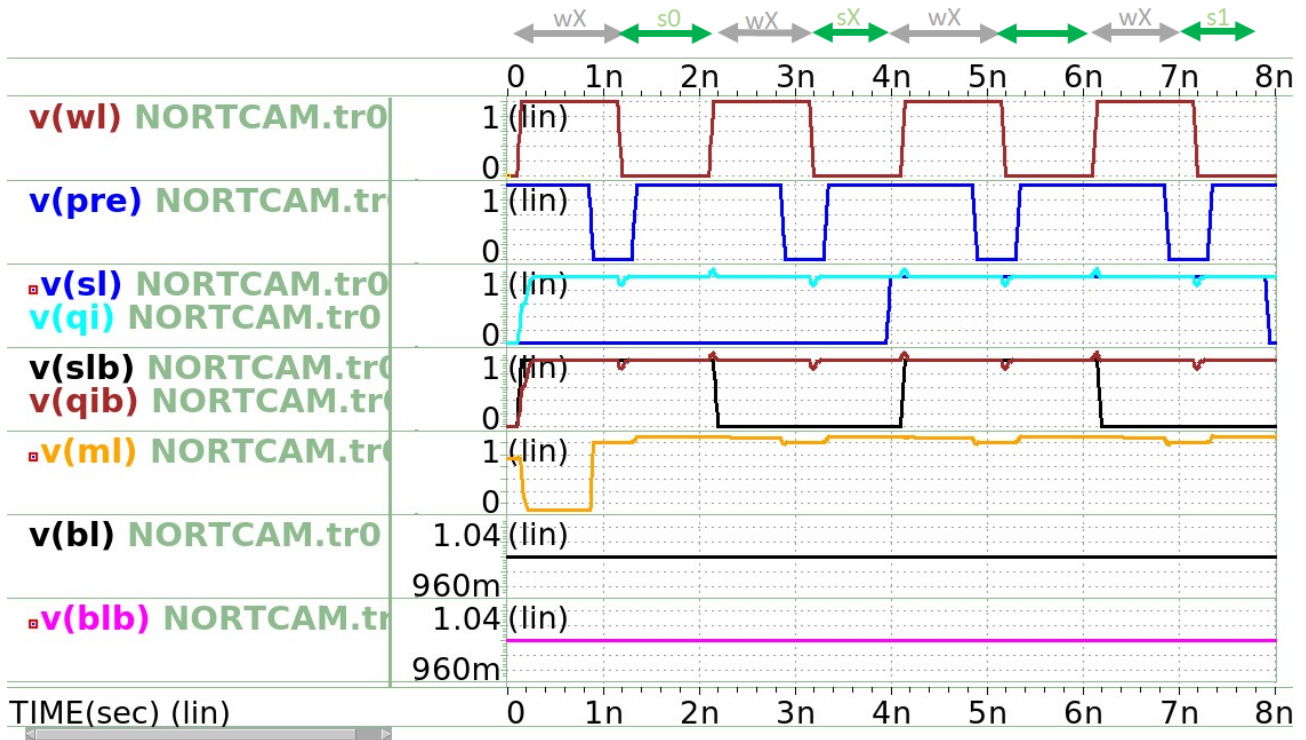
在 Care mode 下，不要儲存  $Q_i = V_{DD}$ ,  $\overline{Q_i} = V_{DD}$  (storeX) 且不要搜索線為  $SL = 0$ ,  $\overline{SL} = 0$  (sX)，以確保此電路在 Care Mode 下操作。w 為寫入，s 為搜索資料。match (M) 為 1，mismatch (MM) 為 0。



### 2.3. Search Mode - Don't care mode for storeX ( $Q_i = 1$ & $\overline{Q_i} = 1$ )

在 Don't Care mode 下， $Q_i = V_{DD}$ ,  $\overline{Q_i} = V_{DD}$ ，以確保此電路在 Don't Care Mode 下操作。不管 SL 和  $\overline{SL}$  給值如何，都 Match (M) 為 VDD(1)。w 為寫入，s 為搜索資料。

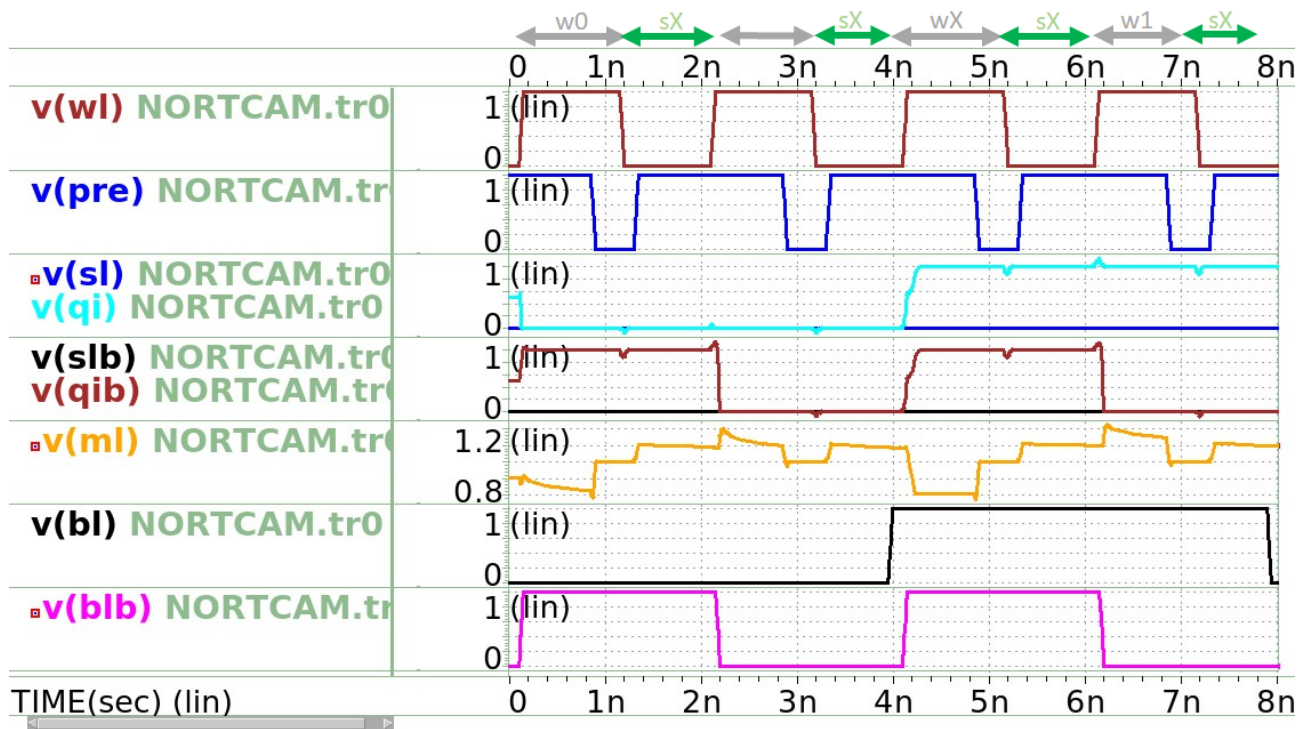
$Q_i$	$\overline{Q_i}$	SL	$\overline{SL}$	ML
1	1	0	1	1(M)
1	1	0	0	1(M)
1	1	1	1	1(M)
1	1	1	0	1(M)



### 2.4. Search Mode - Don't care mode for searchX ( $SL = 0$ & $\overline{SL} = 0$ )

在 Don't Care mode 下， $SL = 0$ ,  $\overline{SL} = 0$ ，以確保此電路在 Don't Care Mode 下操作。不管  $Q_i$  和  $\overline{Q_i}$  給值如何，都 Match (M) 為 VDD(1)。w 為寫入，s 為搜索資料。

$Q_i$	$\overline{Q_i}$	SL	$\overline{SL}$	ML
0	1	0	0	1(M)
0	0	0	0	1(M)
1	1	0	0	1(M)
1	0	0	0	1(M)



### 3. 參考資料

1. 三態內容尋址存儲器 (TCAM) 工作原理
2. A review of energy efficient ternary content addressable memory (TCAM) circuits for network application