

STT-MRAM Macro Near-Memory-Computing Circuit with Shift-and-Rotate Functionality and Reverse-Engineering-Proof XOR-Based memory Data Protector

自旋轉移力矩式記憶體架構近記憶體運算電路之移位與旋轉功能與反逆向工程互斥或資料保護器

組別：A301 指導教授：張孟凡 組員姓名：彭建傑

Abstract

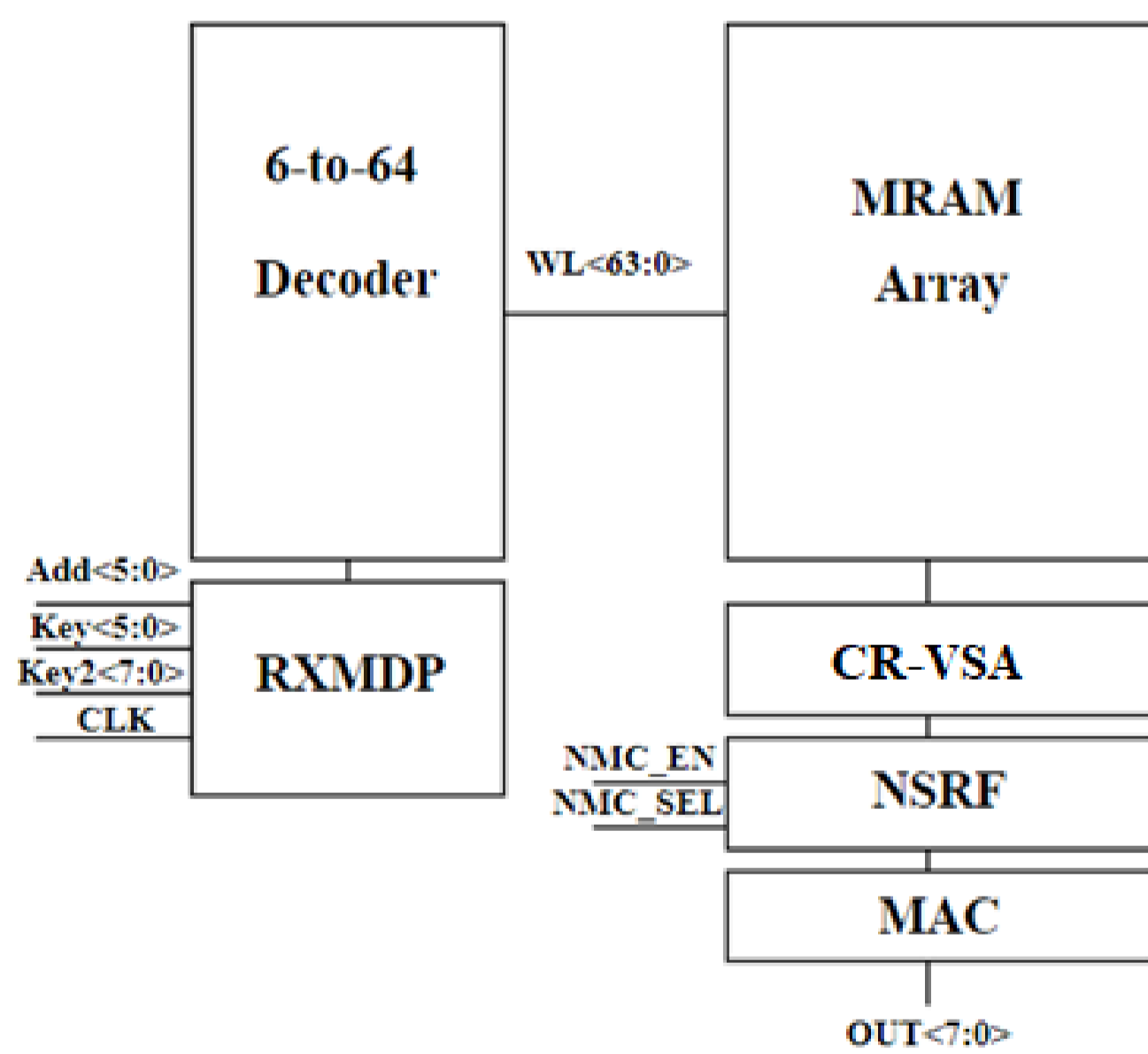
隨著科技的進步，NVM架構已經被廣泛應用於許多行動裝置中。然而，儲存在NVM架構中的資料容易受到逆向工程的攻擊。因此，需要一個適合的資料保護器來保護記憶體內的資料免受逆向工程攻擊的影響。

而在本次的專題中，我們實作了reference [1]中反逆向工程互斥或資料保護器 (RXMDP) 和具有移位和旋轉功能之近記憶體運算電路 (NSRF) 的STT-MRAM架構，以實現我們在前面所提到的目的。

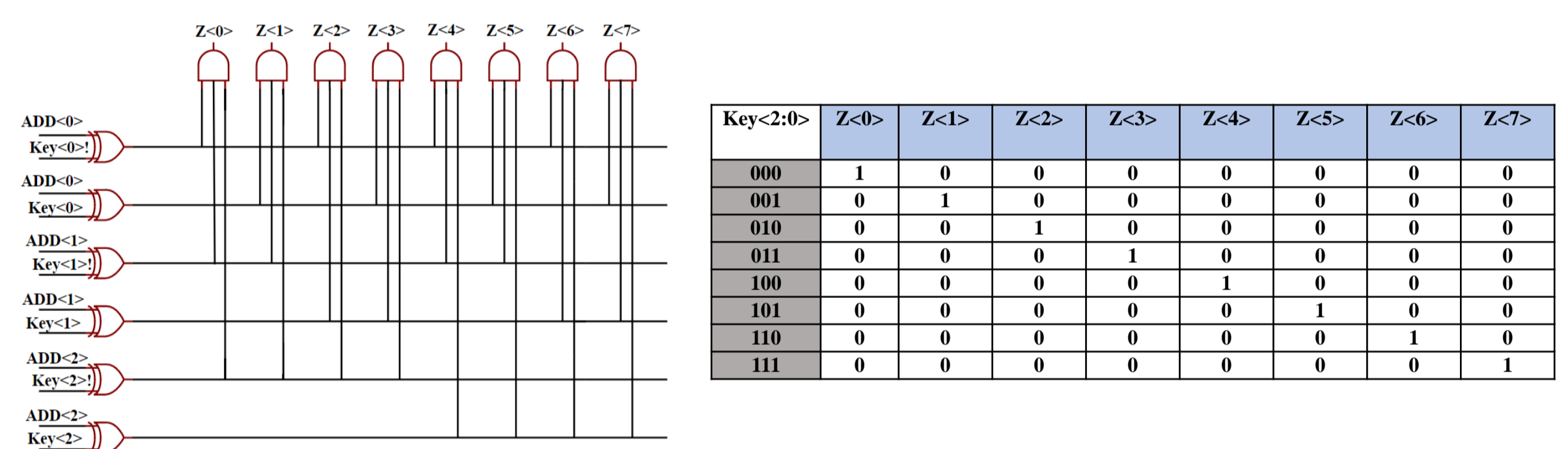
在創新與改進的部分，我將MAC(multiply and add circuit) 加入MRAM Macro，以實現更多的運算功能(如: 矩陣列運算)，此外，在sense amplifier的部分我使用了reference [2]中的CR-VSA，以解決MRAM array 高低電壓差過小的問題。

Implementation & Innovation

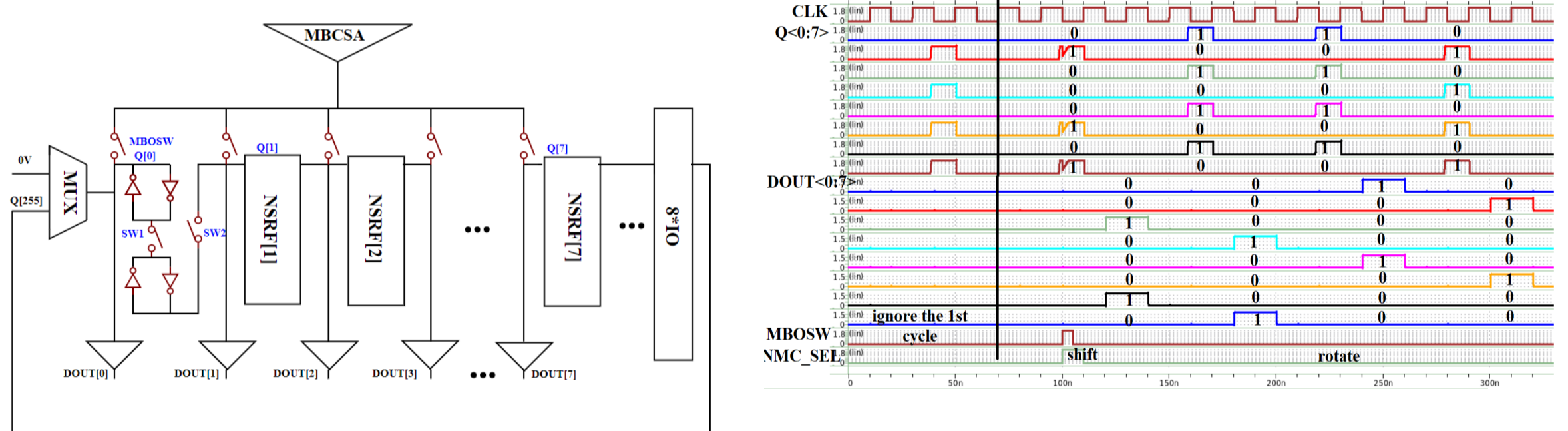
- 利用 Reverse-Engineering-Proof XOR-Based memory Data protector(RXMDP) 與Near-Memory Shift-and-Rotate Functionality(NSRF) 來達到保護資料記憶體內資料的效果。
- Charge-recycling Voltage-type Small-offset Sense Amplifier (CR-VSA) 有較小的sensing margin 可用以克服較小的電壓差
- 我加入MAC電路提供了乘法與加法功能，可用於舉陣列運算與其他更多的運算



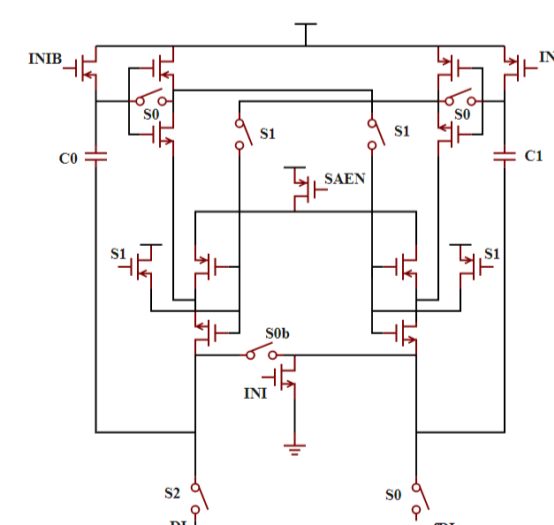
- RXMDP內的XOR-based pre-decoder可將輸入中的address與Key 做編碼，進而達到加密address的功能



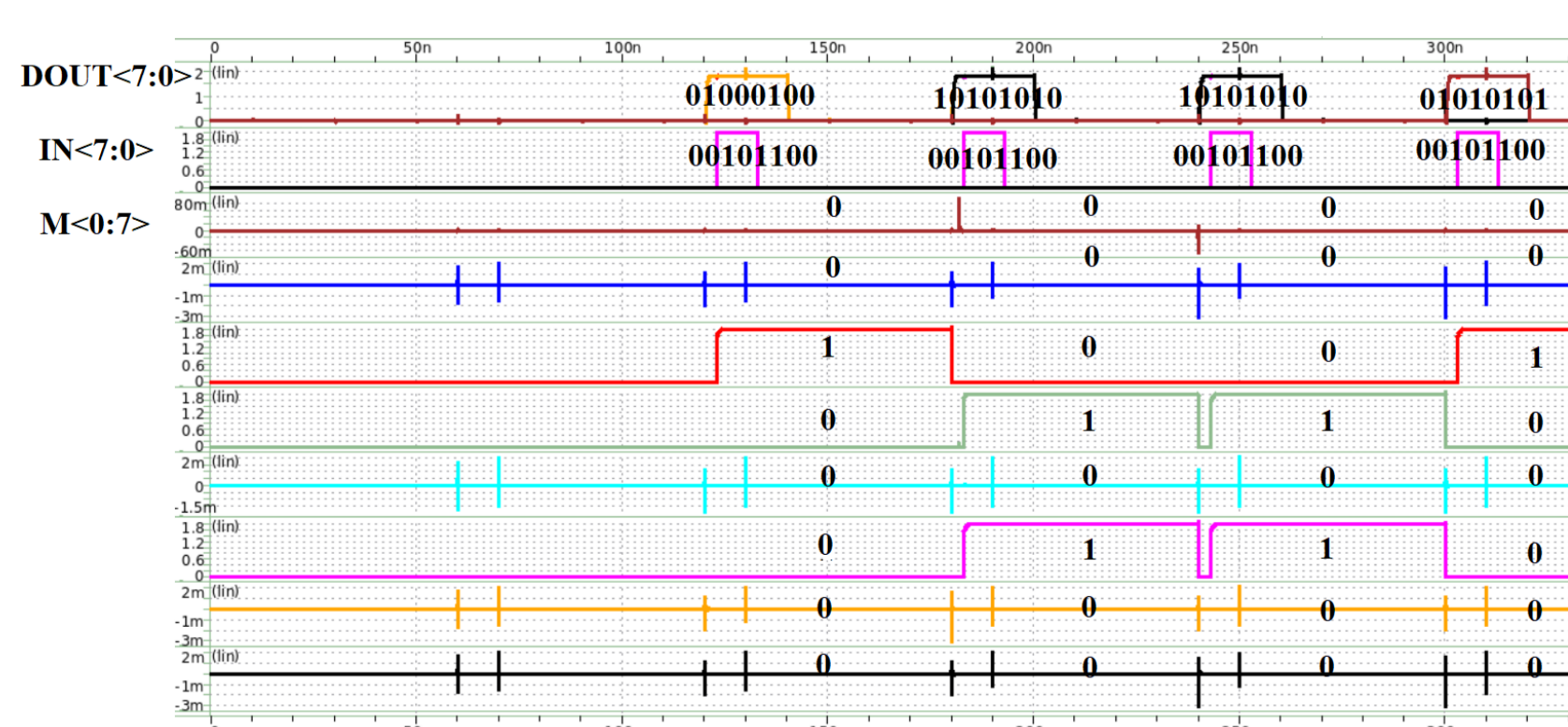
- NSRF 可將資料旋轉及位移



- CR-VSA 有較小的sensing margin 可用以克服較小的電壓差



Result and Conclusion



圖為MAC電路中的乘法功能

在本次的專題中，我們實現了具有位移和旋轉功能的NSRF和RXMDP並使其正常運作。此外，在創新與改進的部分，我加入了MAC電路，這提供了更多的運算功能。而為了解決Sense amplifier的sensing problem，我採用了CRVSA以克服MRAM array 高低電壓差過小的問題。

Reference:

- [1] Yen-Cheng Chiu, Tung-Cheng Chang et al. "A 22-nm 1-Mb 1024-b Read Data-Protected STT-MRAM Macro With Near-Memory Shift-and-Rotate Functionality and 42.6-GB/s Read Bandwidth for Security-Aware Mobile Device" JSSC 2022
- [2] Yen-Cheng Chiu, Chia-Sheng Yang et al. "A 22nm 4Mb STT-MRAM Data-Encrypted Near-Memory Computation Macro with a 192GB/s Read-and-Decryption Bandwidth and 25.1-55.1TOPS/W 8b MAC for AI Operations" ISSCC 2022