

## HY330 – Ψηφιακά Κυκλώματα - Εισαγωγή στα Συστήματα VLSI

Διδάσκων: Χ. Σωτηρίου, Βοηθοί: θα ανακοινωθούν

<http://inf-server.inf.uth.gr/courses/CE330>

I

HY330 - Διάλεξη 12η - Κυκλώματα Μνήμης 2/1/2015

### Περιεχόμενα

- ▶ Είδη Ολοκληρωμένων Μνημών
- ▶ Χρονισμός Μνήμης
- ▶ Αρχιτεκτονικές Μνήμης
  - ▶ Αποκωδικοποιητές
  - ▶ Δομή κατά ύψος, πλάτος
  - ▶ Ιεραρχική Μνήμη
  - ▶ Μνήμη CAM
- ▶ Κύτταρα Μόνο-Ανάγνωσης (ROM)
- ▶ Εκδοχές ROM
  - ▶ MOS OR ROM
  - ▶ MOS NOR ROM
  - ▶ MOS NAND ROM
  - ▶ Ισοδύναμα μοντέλα
- ▶ Μείωση Καθυστερήσης WL
- ▶ MOS NOR με προφόρτιση
- ▶ Σταθερές Μνήμες
  - ▶ Τρανζίστορ Επιπλέουσας Πύλης (Floating Gate)
  - ▶ EEPROM
  - ▶ Τρανζίστορ FLASH
- ▶ RAM
- ▶ SRAM Κύτταρο 6 τρανζίστορ
  - ▶ Ανάγνωση, Εγγραφή, Διάταξη
- ▶ DRAM Κύτταρο 3 τρανζίστορ
- ▶ DRAM Κύτταρο 1 τρανζίστορ
- ▶ Αισθητήρας Ενισχυτής Μνήμης

▶ 2

HY330 - Διάλεξη 12η - Κυκλώματα Μνήμης 2/1/2015

## Περιεχόμενα

- ▶ **Είδη Ολοκληρωμένων Μνημών**
- ▶ Χρονισμός Μνήμης
- ▶ Αρχιτεκτονικές Μνήμης
  - ▶ Αποκωδικοποιητές
  - ▶ Δομή κατά ύψος, πλάτος
  - ▶ Ιεραρχική Μνήμη
  - ▶ Μνήμη CAM
- ▶ Κύτταρα Μόνο-Ανάγνωσης (ROM)
- ▶ Εκδοχές ROM
  - ▶ MOS OR ROM
  - ▶ MOS NOR ROM
  - ▶ MOS NAND ROM
  - ▶ Ισοδύναμα μοντέλα
- ▶ Μείωση Καθυστέρησης WL
- ▶ MOS NOR με προφόρτιση
- ▶ Σταθερές Μνήμες
  - ▶ Τρανζίστορ Επιπλέουσας Πύλης (Floating Gate)
  - ▶ EEPROM
  - ▶ Τρανζίστορ FLASH
- ▶ RAM
- ▶ SRAM Κύτταρο 6 τρανζίστορ
  - ▶ Ανάγνωση, Εγγραφή, Διάταξη
- ▶ DRAM Κύτταρο 3 τρανζίστορ
- ▶ DRAM Κύτταρο 1 τρανζίστορ
- ▶ Αισθητήρας Ενισχυτής Μνήμης

▶ 3

HY330 - Διάλεξη 12η - Κυκλώματα Μνήμης 2/1/2015

## Είδη Ολοκληρωμένων Μνημών

Μνήμη Ανάγνωσης και Εγγραφής		Μη-Προσωρινές Μνήμες	Μνήμη Μόνο Ανάγνωσης
Random Access – Τυχαίας (Αυθαίρετης) Πρόσβασης	Non-Random Access – Μη Τυχαίας (μη αυθαίρετης) πρόσβασης	EPROM (Electrically Programmable ROM) E <sup>2</sup> PROM FLASH	PROM (Programmable ROM)
SRAM (Στατική RAM) DRAM (Δυναμική RAM)	FIFO (First-In, First-Out) LIFO (Last-In, First-Out) Καταχωρητής Ολίσθησης CAM (Content-Addressable Memory – προσβάσιμη βάση περιεχομένων)		

▶ 4

HY330 - Διάλεξη 12η - Κυκλώματα Μνήμης 2/1/2015

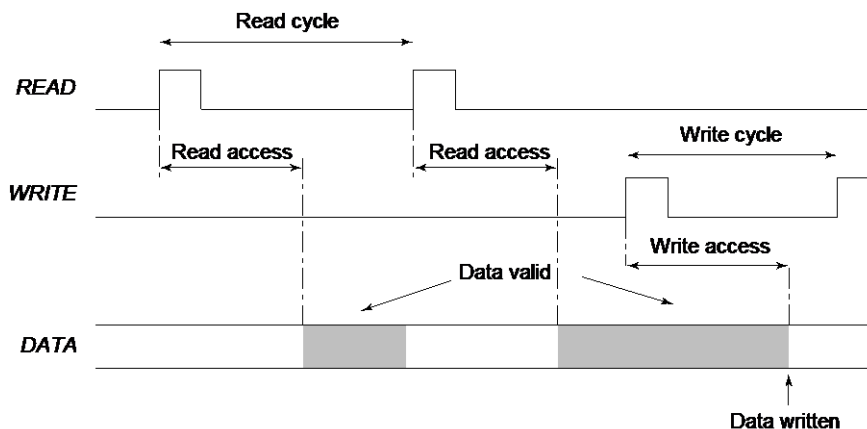
## Περιεχόμενα

- ▶ Είδη Ολοκληρωμένων Μνημών
- ▶ Χρονισμός Μνήμης
- ▶ Αρχιτεκτονικές Μνήμης
  - ▶ Αποκωδικοποιητές
  - ▶ Δομή κατά ύψος, πλάτος
  - ▶ Ιεραρχική Μνήμη
  - ▶ Μνήμη CAM
- ▶ Κύτταρα Μόνο-Ανάγνωσης (ROM)
- ▶ Εκδοχές ROM
  - ▶ MOS OR ROM
  - ▶ MOS NOR ROM
  - ▶ MOS NAND ROM
  - ▶ Ισοδύναμα μοντέλα
- ▶ Μείωση Καθυστερήσης WL
- ▶ MOS NOR με προφόρτιση
- ▶ Σταθερές Μνήμες
  - ▶ Τρανζίστορ Επιπλέουσας Πύλης (Floating Gate)
  - ▶ EEPROM
  - ▶ Τρανζίστορ FLASH
- ▶ RAM
- ▶ SRAM Κύτταρο 6 τρανζίστορ
  - ▶ Ανάγνωση, Εγγραφή, Διάταξη
- ▶ DRAM Κύτταρο 3 τρανζίστορ
- ▶ DRAM Κύτταρο 1 τρανζίστορ
- ▶ Αισθητήρας Ενισχυτής Μνήμης

▶ 5

HY330 - Διάλεξη 12η - Κυκλώματα Μνήμης 2/1/2015

## Χρονισμός Μνήμης - Ορισμοί



▶ 6

HY330 - Διάλεξη 12η - Κυκλώματα Μνήμης 2/1/2015

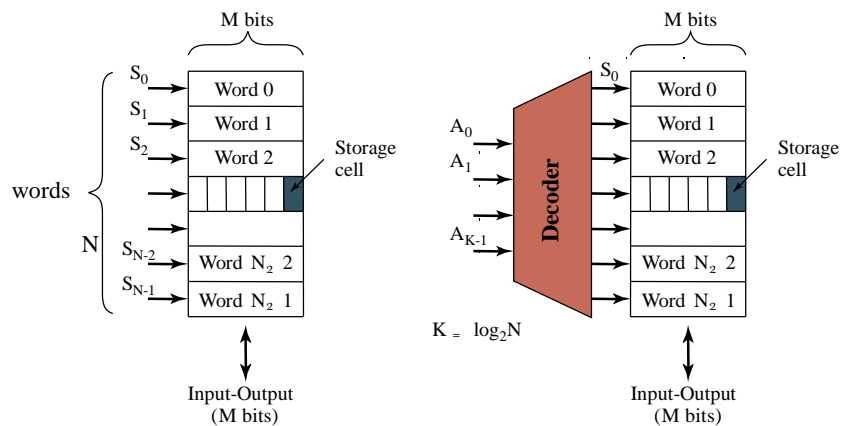
## Περιεχόμενα

- ▶ Είδη Ολοκληρωμένων Μνημών
- ▶ Χρονισμός Μνήμης
- ▶ **Αρχιτεκτονικές Μνήμης**
  - ▶ Αποκωδικοποιητές
  - ▶ Δομή κατά ύψος, πλάτος
  - ▶ Ιεραρχική Μνήμη
  - ▶ Μνήμη CAM
- ▶ Κύτταρα Μόνο-Ανάγνωσης (ROM)
- ▶ Εκδοχές ROM
  - ▶ MOS OR ROM
  - ▶ MOS NOR ROM
  - ▶ MOS NAND ROM
  - ▶ Ισοδύναμα μοντέλα
- ▶ Μείωση Καθυστέρησης WL
- ▶ MOS NOR με προφόρτιση
- ▶ Σταθερές Μνήμες
  - ▶ Τρανζίστορ Επιπλέουσας Πύλης (Floating Gate)
  - ▶ EEPROM
  - ▶ Τρανζίστορ FLASH
- ▶ RAM
- ▶ SRAM Κύτταρο 6 τρανζίστορ
  - ▶ Ανάγνωση, Εγγραφή, Διάταξη
- ▶ DRAM Κύτταρο 3 τρανζίστορ
- ▶ DRAM Κύτταρο 1 τρανζίστορ
- ▶ Αισθητήρας Ενισχυτής Μνήμης

▶ 7

HY330 - Διάλεξη 12η - Κυκλώματα Μνήμης 2/1/2015

## Αρχιτεκτονική Μνήμης – Αποκωδικοποιητές

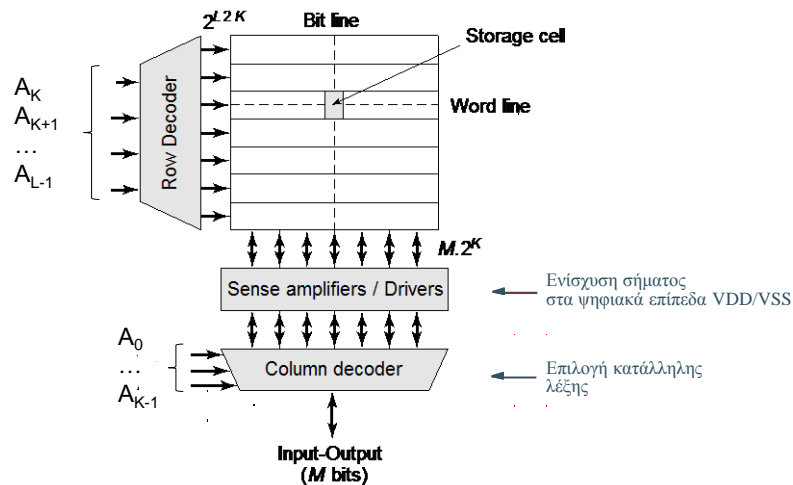


- ▶ Για πρόσβαση  $N$  λέξεων απαιτούνται  $N$  σήματα
- ▶ Με την χρήση αποκωδικοποιητή τα μειώνουμε σε  $\log_2 N$

▶ 8

HY330 - Διάλεξη 12η - Κυκλώματα Μνήμης 2/1/2015

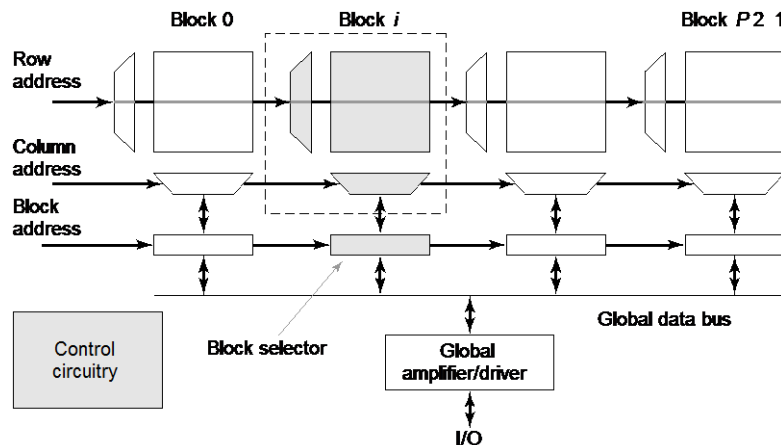
## Δομή και Αρχιτεκτονική Μνήμης



► 9

HY330 - Διάλεξη 12η - Κυκλώματα Μνήμης 2/1/2015

## Ιεραρχική Οργάνωση Μνήμης

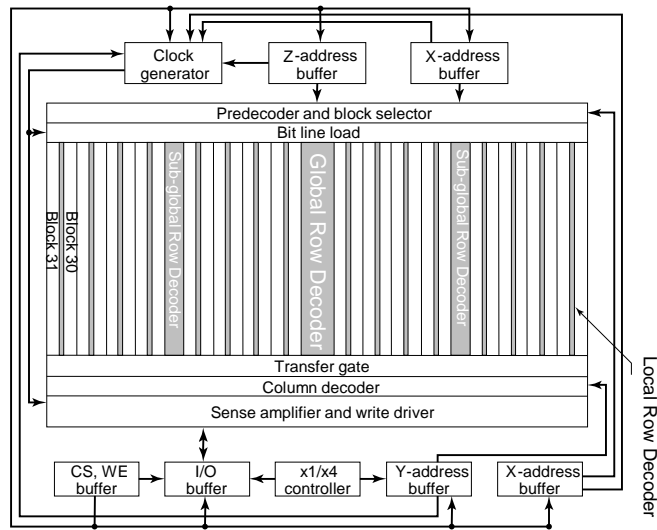


- Καλύτερη κατανάλωση (1 μονάδα ενεργή την φορά)
- Καλύτερη ταχύτητα, αν οι μονάδες αποθηκεύουν γειτονικές διευθύνσεις

► 10

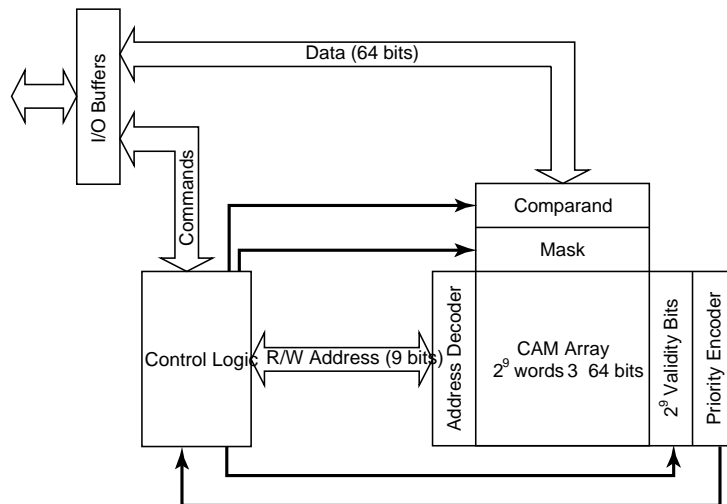
HY330 - Διάλεξη 12η - Κυκλώματα Μνήμης 2/1/2015

## Σχεδιάγραμμα 4Mbit SRAM



HY330 - Διάλεξη 12η - Κυκλώματα Μνήμης 2/1/2015

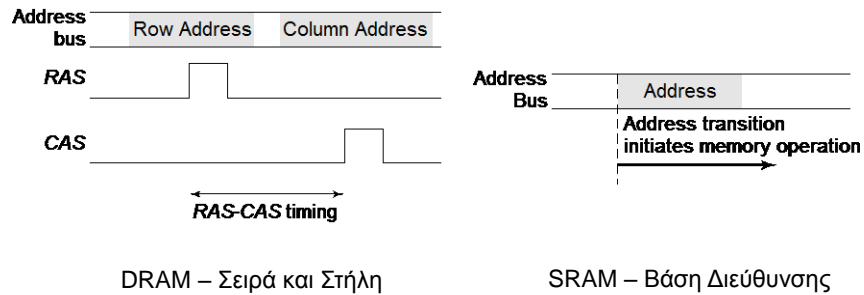
# Μνήμη Προσπέλασης Βάση Περιεχομένων (Content-Addressable Memory)



12

HY330 - Διάλεξη 12η - Κυκλώματα Μνήμης 2/1/2015

## Χρονισμός Μνημών



▶ I3

HY330 - Διάλεξη 12η - Κυκλώματα Μνήμης 2/1/2015

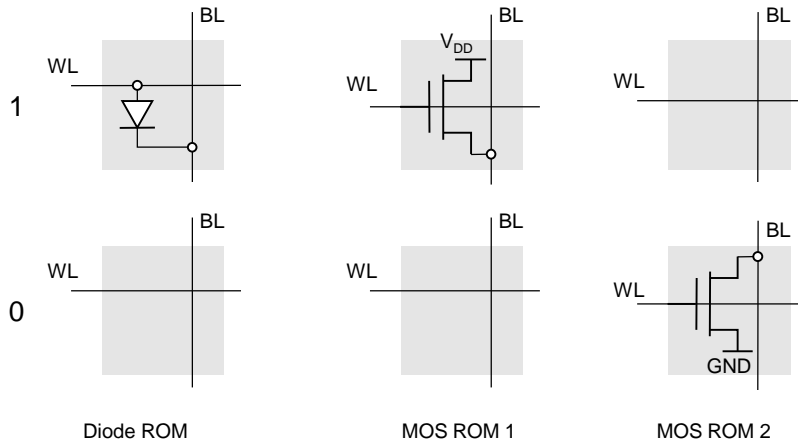
## Περιεχόμενα

- ▶ Είδη Ολοκληρωμένων Μνημών
- ▶ Χρονισμός Μνήμης
- ▶ Αρχιτεκτονικές Μνήμης
  - ▶ Αποκωδικοποιητές
  - ▶ Δομή κατά ύψος, πλάτος
  - ▶ Ιεραρχική Μνήμη
  - ▶ Μνήμη CAM
- ▶ **Κύτταρα Μόνο-Ανάγνωσης (ROM)**
- ▶ Εκδοχές ROM
  - ▶ MOS OR ROM
  - ▶ MOS NOR ROM
  - ▶ MOS NAND ROM
  - ▶ Ισοδύναμα μοντέλα
- ▶ Μείωση Καθυστερήσης WL
- ▶ MOS NOR με προφόρτιση
- ▶ Σταθερές Μνήμες
  - ▶ Τρανζίστορ Επιπλέουσας Πύλης (Floating Gate)
  - ▶ EEPROM
  - ▶ Τρανζίστορ FLASH
- ▶ RAM
- ▶ SRAM Κύτταρο 6 τρανζίστορ
  - ▶ Ανάγνωση, Εγγραφή, Διάταξη
- ▶ DRAM Κύτταρο 3 τρανζίστορ
- ▶ DRAM Κύτταρο 1 τρανζίστορ
- ▶ Αισθητήρας Ενισχυτής Μνήμης

▶ I4

HY330 - Διάλεξη 12η - Κυκλώματα Μνήμης 2/1/2015

## Κύτταρα Μόνο-Ανάγνωσης (ROM)



► I5

HY330 - Διάλεξη 12η - Κυκλώματα Μνήμης 2/1/2015

## Περιεχόμενα

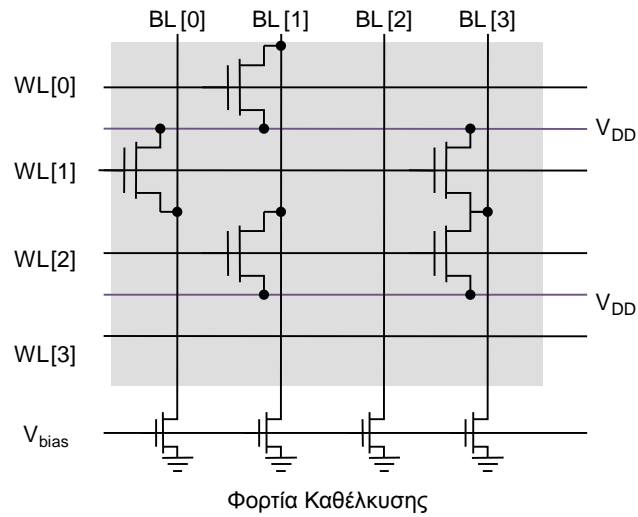
- Είδη Ολοκληρωμένων Μνημών
- Χρονισμός Μνήμης
- Αρχιτεκτονικές Μνήμης
  - Αποκωδικοποιητές
  - Δομή κατά ύψος, πλάτος
  - Ιεραρχική Μνήμη
  - Μνήμη CAM
- Κύτταρα Μόνο-Ανάγνωσης (ROM)
- **Εκδοχές ROM**
  - MOS OR ROM
  - MOS NOR ROM
  - MOS NAND ROM
  - Ισοδύναμα μοντέλα
- Μείωση Καθυστερήσης WL
- MOS NOR με προφόρτιση
- Σταθερές Μνήμες
  - Τρανζίστορ Επιπλέουσας Πύλης (Floating Gate)
  - EEPROM
  - Τρανζίστορ FLASH
- RAM
- SRAM Κύτταρο 6 τρανζίστορ
  - Ανάγνωση, Εγγραφή, Διάταξη
- DRAM Κύτταρο 3 τρανζίστορ
- DRAM Κύτταρο 1 τρανζίστορ
- Αισθητήρας Ενισχυτής Μνήμης

► I6

HY330 - Διάλεξη 12η - Κυκλώματα Μνήμης 2/1/2015



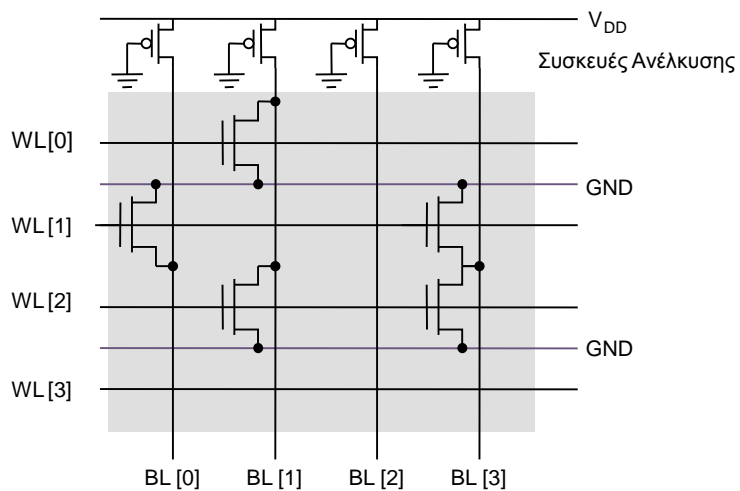
## MOS OR ROM



► I7

HY330 - Διάλεξη 12η - Κυκλώματα Μνήμης 2/1/2015

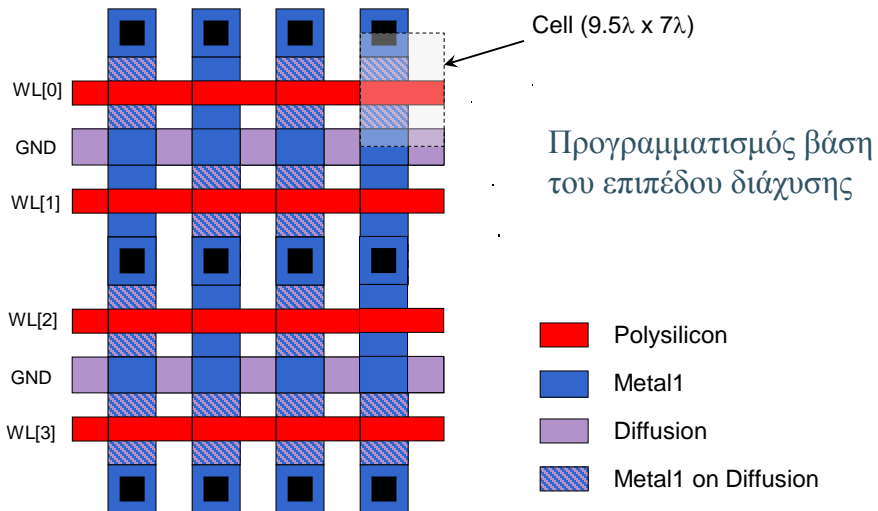
## MOS NOR ROM



► I8

HY330 - Διάλεξη 12η - Κυκλώματα Μνήμης 2/1/2015

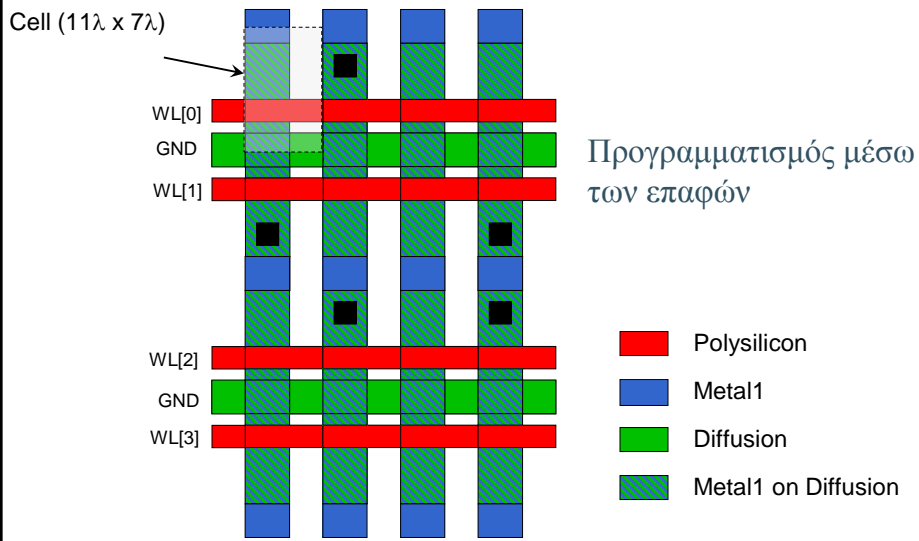
## MOS NOR Διάταξη



19

HY330 - Διάλεξη 12η - Κυκλώματα Μνήμης 2/1/2015

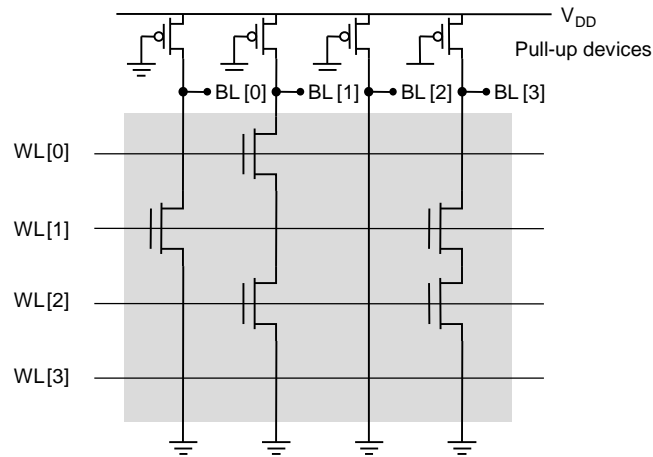
## MOS NOR Διάταξη



20

HY330 - Διάλεξη 12η - Κυκλώματα Μνήμης 2/1/2015

## MOS NAND ROM

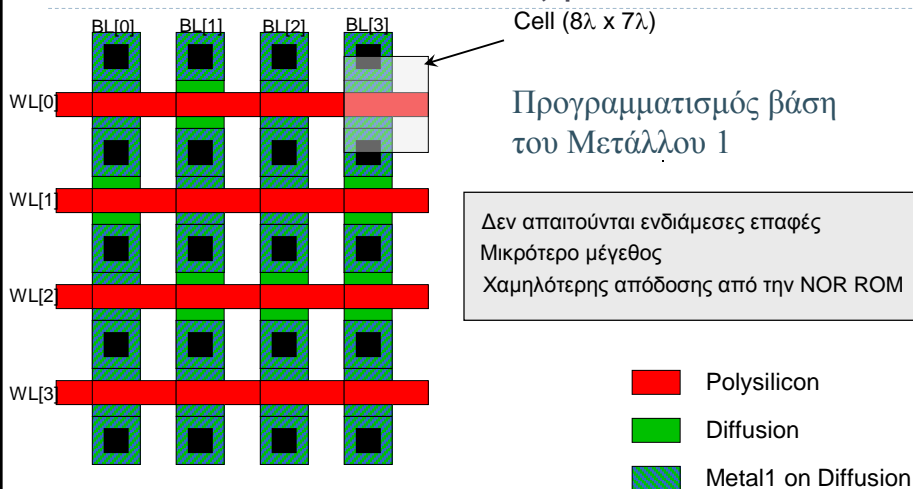


Τα σήματα λέξης WL είναι ενεργά αρνητικά (0 = ενεργό)

► 21

HY330 - Διάλεξη 12η - Κυκλώματα Μνήμης 2/1/2015

## MOS NAND ROM Διάταξη

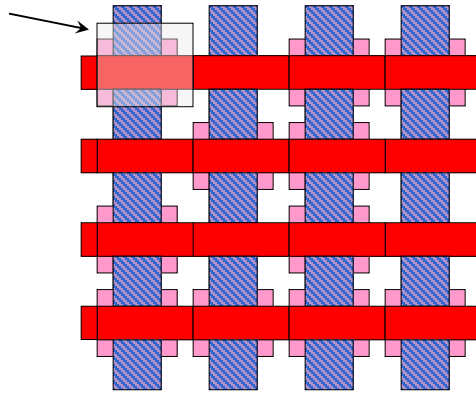


► 22

HY330 - Διάλεξη 12η - Κυκλώματα Μνήμης 2/1/2015

## MOS NAND ROM Διάταξη

Cell ( $5\lambda \times 6\lambda$ )



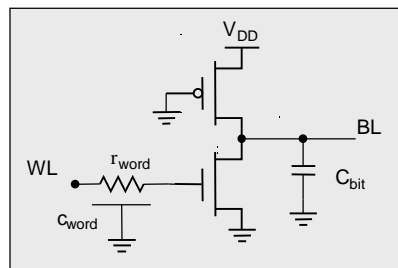
Προγραμματισμός  
μέσω εμφύτευσης  
που ρίχνει το  $V_t$

- Polysilicon
- Threshold-altering implant
- Metal1 on Diffusion

► 23

HY330 - Διάλεξη 12η - Κυκλώματα Μνήμης 2/1/2015

## Ισοδύναμο μοντέλο για NOR ROM

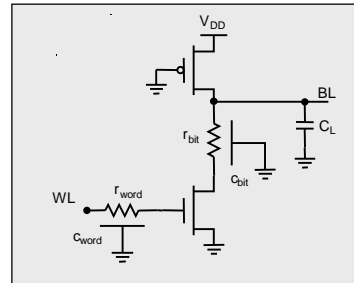


- Παρασιτικές στο WL
  - Χωρητικότητες συνδέσεων και πυλών
  - Αντίσταση πολυπυρητίου
- Παρασιτικές στο BL
  - Αντίσταση αμελητέα
  - Χωρητικότητες Drain και Gate-Drain

► 24

HY330 - Διάλεξη 12η - Κυκλώματα Μνήμης 2/1/2015

## Ισοδύναμο μοντέλο για NAND ROM



- ▶ Παρασιτικές στο WL
  - ▶ Χωρητικότητες συνδέσεων και πυλών
  - ▶ Αντίσταση πολυπυρητίου
- ▶ Παρασιτικές στο BL
  - ▶ κυριαρχεί η αντίσταση των εν σειρά τρανζίστορ
  - ▶ χωρητικότητες Gate-Source, Gate-Drain σε κάθε τρανζίστορ

▶ 25

HY330 - Διάλεξη 12η - Κυκλώματα Μνήμης 2/1/2015

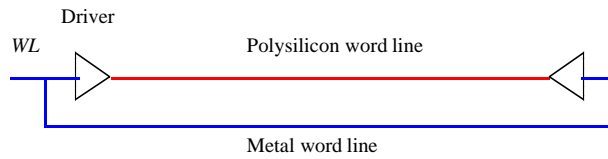
## Περιεχόμενα

- ▶ Είδη Ολοκληρωμένων Μνημών
- ▶ Χρονισμός Μνήμης
- ▶ Αρχιτεκτονικές Μνήμης
  - ▶ Αποκωδικοποιητές
  - ▶ Δομή κατά ύψος, πλάτος
  - ▶ Ιεραρχική Μνήμη
  - ▶ Μνήμη CAM
- ▶ Κύτταρα Μόνο-Ανάγνωσης (ROM)
- ▶ Εκδοχές ROM
  - ▶ MOS OR ROM
  - ▶ MOS NOR ROM
  - ▶ MOS NAND ROM
  - ▶ Ισοδύναμα μοντέλα
- ▶ **Μείωση Καθυστερήσης WL**
- ▶ MOS NOR με προφόρτιση
- ▶ Σταθερές Μνήμες
  - ▶ Τρανζίστορ Επιπλέουσας Πύλης (Floating Gate)
  - ▶ EEPROM
  - ▶ Τρανζίστορ FLASH
- ▶ RAM
- ▶ SRAM Κύτταρο 6 τρανζίστορ
  - ▶ Ανάγνωση, Εγγραφή, Διάταξη
- ▶ DRAM Κύτταρο 3 τρανζίστορ
- ▶ DRAM Κύτταρο 1 τρανζίστορ
- ▶ Αισθητήρας Ενισχυτής Μνήμης

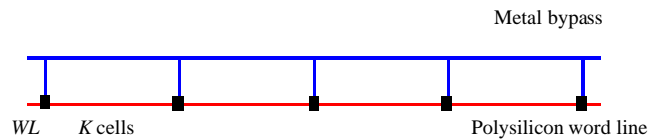
▶ 26

HY330 - Διάλεξη 12η - Κυκλώματα Μνήμης 2/1/2015

## Μείωση Καθυστέρησης WL



(a) Driving the word line from both sides



(b) Using a metal bypass

(c) Use silicides

► 27

HY330 - Διάλεξη 12η - Κυκλώματα Μνήμης 2/1/2015

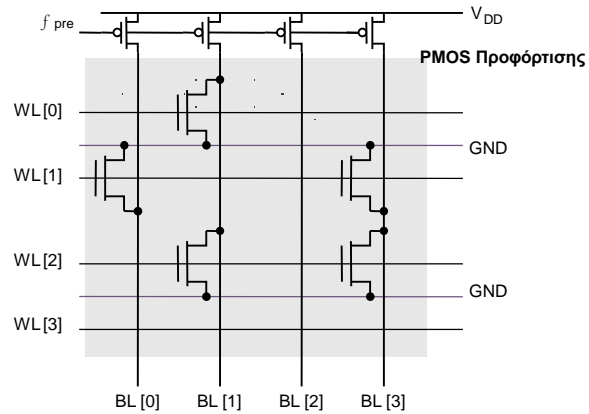
## Περιεχόμενα

- Είδη Ολοκληρωμένων Μνημών
- Χρονισμός Μνήμης
- Αρχιτεκτονικές Μνήμης
  - Αποκωδικοποιητές
  - Δομή κατά ύψος, πλάτος
  - Ιεραρχική Μνήμη
  - Μνήμη CAM
- Κύτταρα Μόνο-Ανάγνωσης (ROM)
- Εκδοχές ROM
  - MOS OR ROM
  - MOS NOR ROM
  - MOS NAND ROM
  - Ισοδύναμα μοντέλα
- Μείωση Καθυστέρησης WL
- **MOS NOR με προφόρτιση**
- Σταθερές Μνήμες
  - Τρανζίστορ Επιπλέουσας Πύλης (Floating Gate)
  - EEPROM
  - Τρανζίστορ FLASH
- RAM
- SRAM Κύτταρο 6 τρανζίστορ
  - Ανάγνωση, Εγγραφή, Διάταξη
- DRAM Κύτταρο 3 τρανζίστορ
- DRAM Κύτταρο 1 τρανζίστορ
- Αισθητήρας Ενισχυτής Μνήμης

► 28

HY330 - Διάλεξη 12η - Κυκλώματα Μνήμης 2/1/2015

## MOS NOR με προφόρτιση



- ▶ Τα μεγέθη των PMOS μπορούν να είναι όσο μεγάλα απαιτείται
- ▶ Απαιτείται μεγάλη οδηγητική ικανότητα στο ρολόι

▶ 29

HY330 - Διάλεξη 12η - Κυκλώματα Μνήμης 2/1/2015

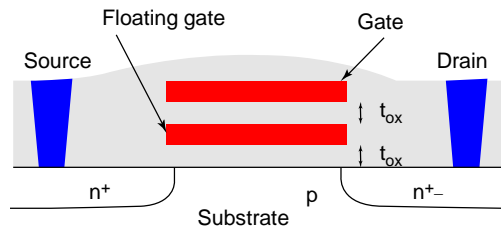
## Περιεχόμενα

- ▶ Είδη Ολοκληρωμένων Μνημών
- ▶ Χρονισμός Μνήμης
- ▶ Αρχιτεκτονικές Μνήμης
  - ▶ Αποκωδικοποιητές
  - ▶ Δομή κατά ύψος, πλάτος
  - ▶ Ιεραρχική Μνήμη
  - ▶ Μνήμη CAM
- ▶ Κύτταρα Μόνο-Ανάγνωσης (ROM)
- ▶ Εκδοχές ROM
  - ▶ MOS OR ROM
  - ▶ MOS NOR ROM
  - ▶ MOS NAND ROM
  - ▶ Ισοδύναμα μοντέλα
- ▶ Μείωση Καθυστερήσης WL
- ▶ MOS NOR με προφόρτιση
- ▶ Σταθερές Μνήμες
  - ▶ Τρανζίστορ Επιπλέουσας Πύλης (Floating Gate)
  - ▶ EEPROM
  - ▶ Τρανζίστορ FLASH
- ▶ RAM
- ▶ SRAM Κύτταρο 6 τρανζίστορ
  - ▶ Ανάγνωση, Εγγραφή, Διάταξη
- ▶ DRAM Κύτταρο 3 τρανζίστορ
- ▶ DRAM Κύτταρο 1 τρανζίστορ
- ▶ Αισθητήρας Ενισχυτής Μνήμης

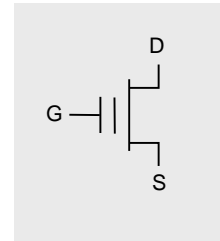
▶ 30

HY330 - Διάλεξη 12η - Κυκλώματα Μνήμης 2/1/2015

## Σταθερές Μνήμες – Floating-gate τρανζίστορ



Device cross-section

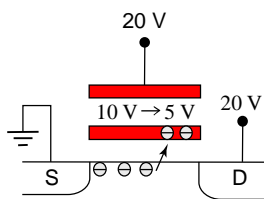


Schematic symbol

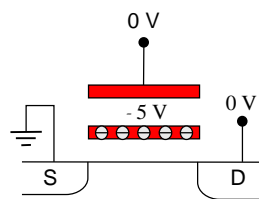
► 31

HY330 - Διάλεξη 12η - Κυκλώματα Μνήμης 2/1/2015

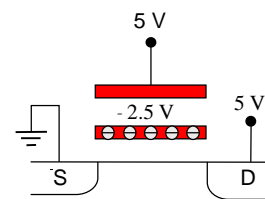
## Προγραμματισμός Floating-gate τρανζίστορ



Avalanche injection



Removing programming voltage leaves charge trapped



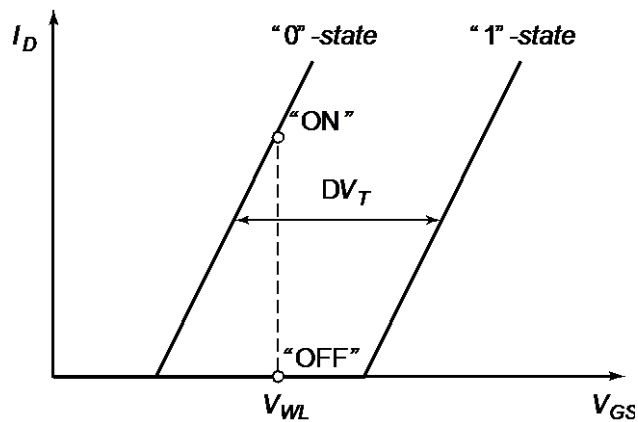
Programming results in higher  $V_T$ .

► 32

HY330 - Διάλεξη 12η - Κυκλώματα Μνήμης 2/1/2015



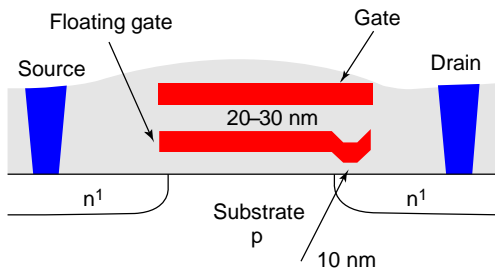
## Χαρακτηριστικά Floating-gate



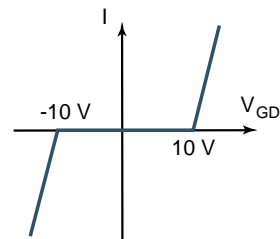
▶ 33

HY330 - Διάλεξη 12η - Κυκλώματα Μνήμης 2/1/2015

## FLOTOX EEPROM



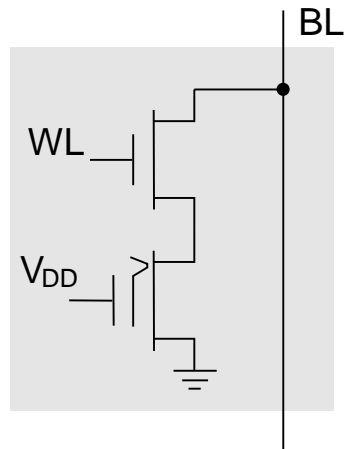
FLOTOX transistor

Fowler-Nordheim  
I-V characteristic

▶ 34

HY330 - Διάλεξη 12η - Κυκλώματα Μνήμης 2/1/2015

## Κύτταρο EEPROM

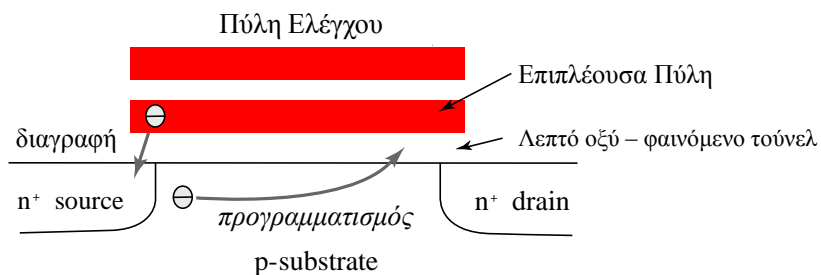


Absolute threshold control  
is hard  
Unprogrammed transistor  
might be depletion  
⇒ 2 transistor cell

▶ 35

HY330 - Διάλεξη 12η - Κυκλώματα Μνήμης 2/1/2015

## FLASH Τρανζίστορ - Μνήμη

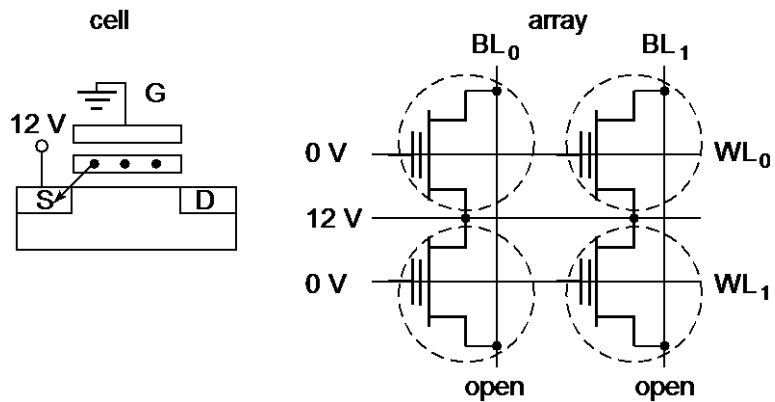


Πολλές διαφορετικές εκδοχές

▶ 36

HY330 - Διάλεξη 12η - Κυκλώματα Μνήμης 2/1/2015

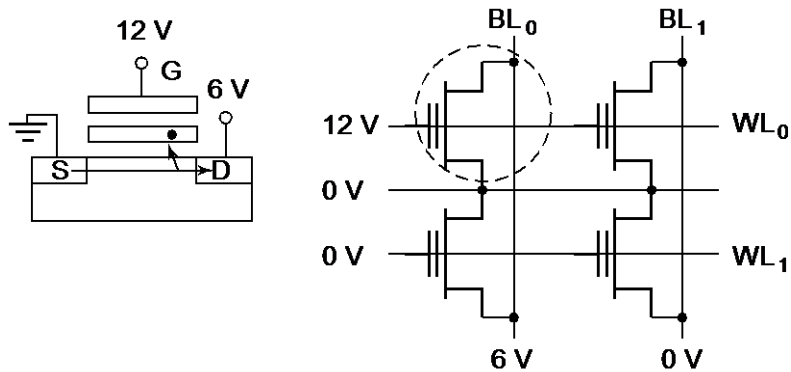
## Βασικές Λειτουργίες FLASH - Σβήσιμο



▶ 37

HY330 - Διάλεξη 12η - Κυκλώματα Μνήμης 2/1/2015

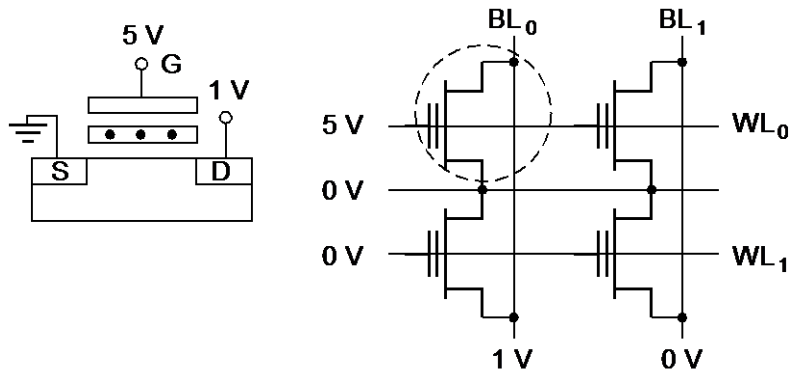
## Βασικές Λειτουργίες FLASH - Εγγραφή



▶ 38

HY330 - Διάλεξη 12η - Κυκλώματα Μνήμης 2/1/2015

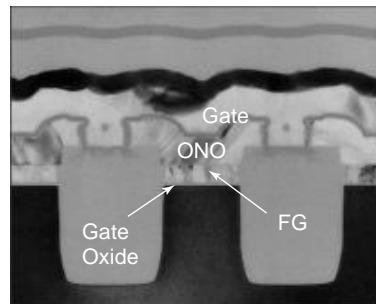
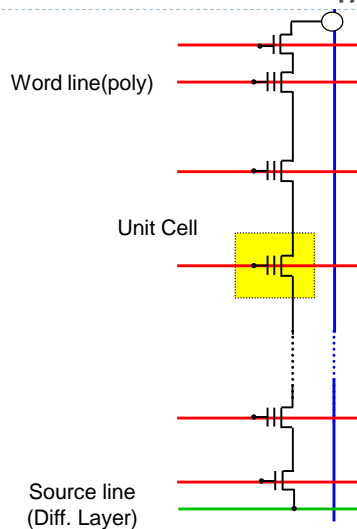
## Βασικές Λειτουργίες FLASH – Ανάγνωση



▶ 39

HY330 - Διάλεξη 12η - Κυκλώματα Μνήμης 2/1/2015

## NAND FLASH Μνήμη



▶ 40

HY330 - Διάλεξη 12η - Κυκλώματα Μνήμης 2/1/2015

## Περιεχόμενα

- ▶ Είδη Ολοκληρωμένων Μνημών
- ▶ Χρονισμός Μνήμης
- ▶ Αρχιτεκτονικές Μνήμης
  - ▶ Αποκωδικοποιητές
  - ▶ Δομή κατά ύψος, πλάτος
  - ▶ Ιεραρχική Μνήμη
  - ▶ Μνήμη CAM
- ▶ Κύτταρα Μόνο-Ανάγνωσης (ROM)
- ▶ Εκδοχές ROM
  - ▶ MOS OR ROM
  - ▶ MOS NOR ROM
  - ▶ MOS NAND ROM
  - ▶ Ισοδύναμα μοντέλα
- ▶ Μείωση Καθυστέρησης WL
- ▶ MOS NOR με προφόρτιση
- ▶ Σταθερές Μνήμες
  - ▶ Τρανζίστορ Επιπλέουσας Πύλης (Floating Gate)
  - ▶ EEPROM
  - ▶ Τρανζίστορ FLASH
- ▶ **RAM**
- ▶ SRAM Κύτταρο 6 τρανζίστορ
  - ▶ Ανάγνωση, Εγγραφή, Διάταξη
- ▶ DRAM Κύτταρο 3 τρανζίστορ
- ▶ DRAM Κύτταρο 1 τρανζίστορ
- ▶ Αισθητήρας Ενισχυτής Μνήμης

▶ 41

HY330 - Διάλεξη 12η - Κυκλώματα Μνήμης 2/1/2015

## RAM

- ▶ Στατική
  - ▶ Δεδομένα αποθηκευμένα στατικά για όσο είναι το κύκλωμα συνδεδεμένο στην πηγή
  - ▶ Μεγάλο μέγεθος κυττάρων (6 τρανζίστορ)
  - ▶ Γρήγορη ταχύτητα
  - ▶ Διαφορικές έξοδοι
- ▶ Δυναμική
  - ▶ Περιοδική ανανέωση των αποθηκευμένων δεδομένων απαιτείται
  - ▶ Μικρό μέγεθος κυττάρων (1-3 τρανζίστορ)
  - ▶ Πιο αργά από τα στατικά
  - ▶ Μονή έξοδος

▶ 42

HY330 - Διάλεξη 12η - Κυκλώματα Μνήμης 2/1/2015

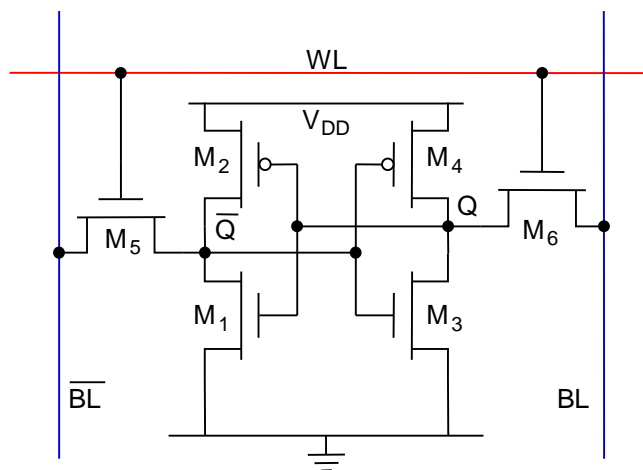
## Περιεχόμενα

- ▶ Είδη Ολοκληρωμένων Μνημών
- ▶ Χρονισμός Μνήμης
- ▶ Αρχιτεκτονικές Μνήμης
  - ▶ Αποκωδικοποιητές
  - ▶ Δομή κατά ύψος, πλάτος
  - ▶ Ιεραρχική Μνήμη
  - ▶ Μνήμη CAM
- ▶ Κύτταρα Μόνο-Ανάγνωσης (ROM)
- ▶ Εκδοχές ROM
  - ▶ MOS OR ROM
  - ▶ MOS NOR ROM
  - ▶ MOS NAND ROM
  - ▶ Ισοδύναμα μοντέλα
- ▶ Μείωση Καθυστέρησης WL
- ▶ MOS NOR με προφόρτιση
- ▶ Σταθερές Μνήμες
  - ▶ Τρανζίστορ Επιπλέουσας Πύλης (Floating Gate)
  - ▶ EEPROM
  - ▶ Τρανζίστορ FLASH
- ▶ RAM
- ▶ **SRAM Κύτταρο 6 τρανζίστορ**
  - ▶ Ανάγνωση, Εγγραφή, Διάταξη
- ▶ DRAM Κύτταρο 3 τρανζίστορ
- ▶ DRAM Κύτταρο 1 τρανζίστορ
- ▶ Αισθητήρας Ενισχυτής Μνήμης

▶ 43

HY330 - Διάλεξη 12η - Κυκλώματα Μνήμης 2/1/2015

## SRAM Κύτταρο 6 Τρανζίστορ

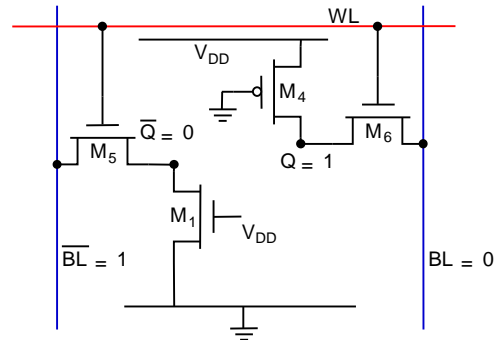


▶ 44

HY330 - Διάλεξη 12η - Κυκλώματα Μνήμης 2/1/2015



## SRAM Κύτταρο 6 Τρανζίστορ - Εγγραφή

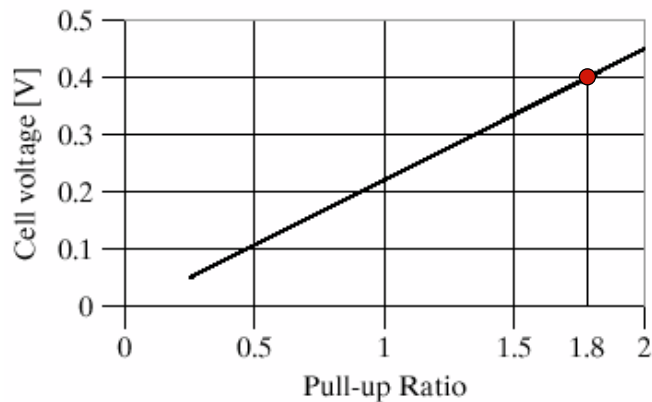


- ▶ Κατά την εγγραφή πρέπει να επιβληθεί η τιμή του BL
- ▶ Το δυναμικό στο Q (μεταξύ M4 και M6) πρέπει να πέσει χαμηλά για να αλλάξει την κατάσταση του αντιστροφέα M1/M2
- ▶ Πρέπει  $R(M6) < R(M4)$  (διαφορετής τάσης) ή  $PR = W4/W6 < \sim 1.8$

▶ 47

HY330 - Διάλεξη 12η - Κυκλώματα Μνήμης 2/1/2015

## SRAM Κύτταρο 6 Τρανζίστορ - Εγγραφή

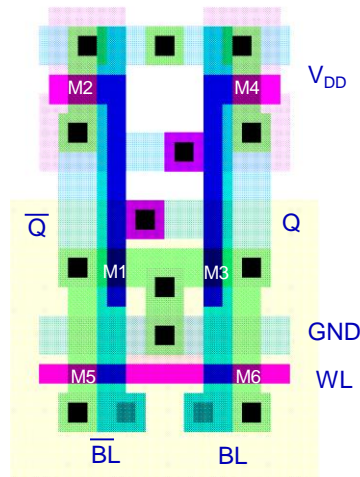


▶ 48

HY330 - Διάλεξη 12η - Κυκλώματα Μνήμης 2/1/2015



## Κύτταρο SRAM 6-Τρανζίστορ



▶ 49

HY330 - Διάλεξη 12η - Κυκλώματα Μνήμης 2/1/2015

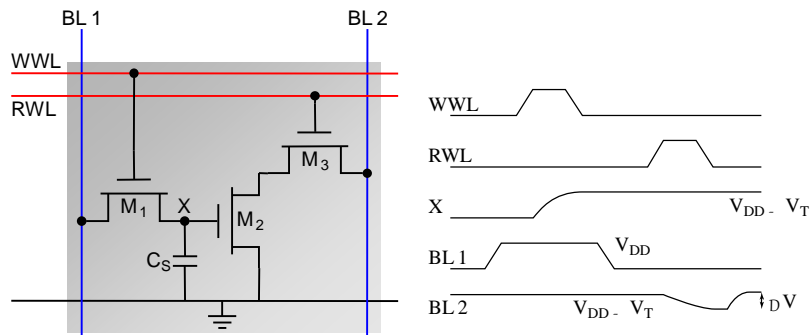
## Περιεχόμενα

- ▶ Είδη Ολοκληρωμένων Μνημών
- ▶ Χρονισμός Μνήμης
- ▶ Αρχιτεκτονικές Μνήμης
  - ▶ Αποκωδικοποιητές
  - ▶ Δομή κατά ύψος, πλάτος
  - ▶ Ιεραρχική Μνήμη
  - ▶ Μνήμη CAM
- ▶ Κύτταρα Μόνο-Ανάγνωσης (ROM)
- ▶ Εκδοχές ROM
  - ▶ MOS OR ROM
  - ▶ MOS NOR ROM
  - ▶ MOS NAND ROM
  - ▶ Ισοδύναμα μοντέλα
- ▶ Μείωση Καθυστερήσης WL
- ▶ MOS NOR με προφόρτιση
- ▶ Σταθερές Μνήμες
  - ▶ Τρανζίστορ Επιπλέουσας Πύλης (Floating Gate)
  - ▶ EEPROM
  - ▶ Τρανζίστορ FLASH
- ▶ RAM
- ▶ SRAM Κύτταρο 6 τρανζίστορ
  - ▶ Ανάγνωση, Εγγραφή, Διάταξη
- ▶ **DRAM Κύτταρο 3 τρανζίστορ**
- ▶ DRAM Κύτταρο 1 τρανζίστορ
- ▶ Αισθητήρας Ενισχυτής Μνήμης

▶ 50

HY330 - Διάλεξη 12η - Κυκλώματα Μνήμης 2/1/2015

## Κύτταρο DRAM 3-Τρανζίστορ

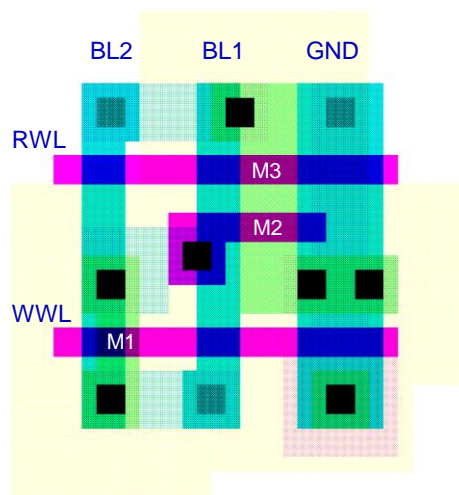


- ▶ Η ανάγνωση δεν επηρεάζει την αποθηκευμένη τιμή
- ▶ Η τιμή που αποθηκεύεται για «1» είναι  $V_{DD} - V_T$

▶ 51

HY330 - Διάλεξη 12η - Κυκλώματα Μνήμης 2/1/2015

## Κύτταρο DRAM 3-Τρανζίστορ



▶ 52

HY330 - Διάλεξη 12η - Κυκλώματα Μνήμης 2/1/2015

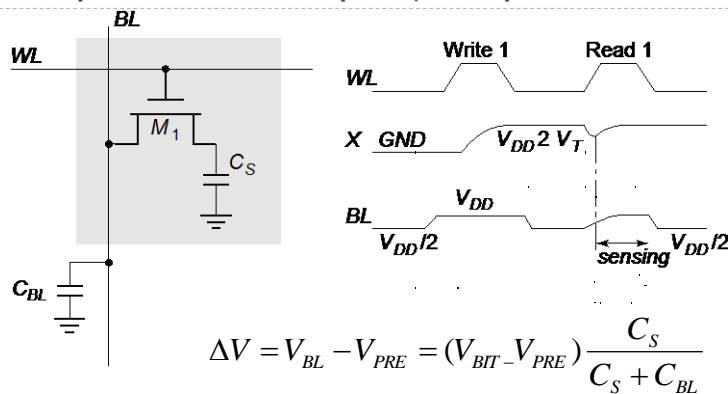
## Περιεχόμενα

- ▶ Είδη Ολοκληρωμένων Μνημών
- ▶ Χρονισμός Μνήμης
- ▶ Αρχιτεκτονικές Μνήμης
  - ▶ Αποκωδικοποιητές
  - ▶ Δομή κατά ύψος, πλάτος
  - ▶ Ιεραρχική Μνήμη
  - ▶ Μνήμη CAM
- ▶ Κύτταρα Μόνο-Ανάγνωσης (ROM)
- ▶ Εκδοχές ROM
  - ▶ MOS OR ROM
  - ▶ MOS NOR ROM
  - ▶ MOS NAND ROM
  - ▶ Ισοδύναμα μοντέλα
- ▶ Μείωση Καθυστέρησης WL
- ▶ MOS NOR με προφόρτιση
- ▶ Σταθερές Μνήμες
  - ▶ Τρανζίστορ Επιπλέουσας Πύλης (Floating Gate)
  - ▶ EEPROM
  - ▶ Τρανζίστορ FLASH
- ▶ RAM
- ▶ SRAM Κύτταρο 6 τρανζίστορ
  - ▶ Ανάγνωση, Εγγραφή, Διάταξη
- ▶ DRAM Κύτταρο 3 τρανζίστορ
- ▶ **DRAM Κύτταρο 1 τρανζίστορ**
- ▶ Αισθητήρας Ενισχυτής Μνήμης

▶ 53

HY330 - Διάλεξη 12η - Κυκλώματα Μνήμης 2/1/2015

## Κύτταρο DRAM 1-Τρανζίστορ



- ▶ Ο πυκνωτής φορτίζεται ή εκφορτίζεται στο BL μέσω του WL
- ▶ Στην ανάγνωση το φορτίο  $C_S$  μοιράζεται στο  $C_S, C_{BL}$
- ▶ Η άνοδος/πτώση του δυναμικού είναι μικρή,  $\sim 250\text{mV}$

▶ 54

HY330 - Διάλεξη 12η - Κυκλώματα Μνήμης 2/1/2015

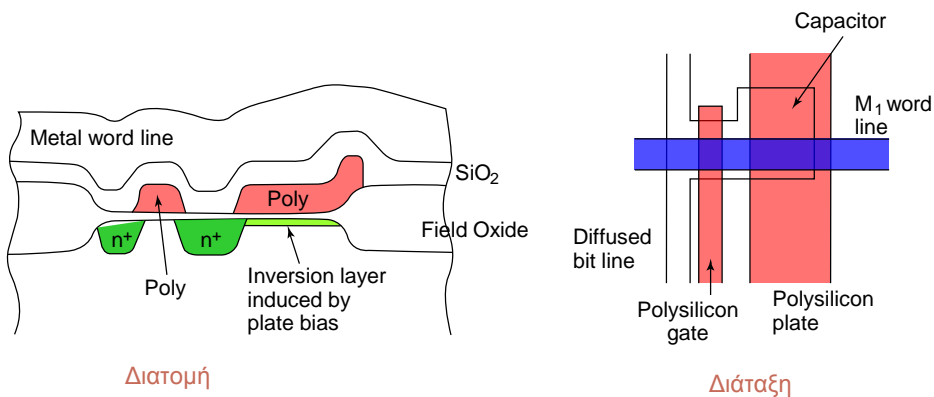
## Κύτταρο DRAM 1-Τρανζίστορ

- ▶ Απαιτείται αισθητήρα ενισχυτή για την διάγνωση της μεταφοράς του φορτίου
- ▶ Μονή έξοδος, αντί της διαφορικής στην SRAM
- ▶ Η ανάγνωση καταστρέφει την αποθηκευμένη τιμή
  - ▶ Απαιτείται ανάγνωση και ανανέωση
- ▶ Το κύτταρο 1-τρανζίστορ απαιτεί πρόσθεση χωρητικότητας κατάλληλου μεγέθους
- ▶ Η εγγραφή του λογικού-1 στο κύτταρο DRAM υποφέρει από πτώση τάσης  $V_t$ 
  - ▶ Το χάσιμο φορτίου (δυναμικού) μπορεί να προσπεραστεί οδηγώντας τα WL σε δυναμικό μεγαλύτερο του  $V_{dd}$

▶ 55

HY330 - Διάλεξη 12η - Κυκλώματα Μνήμης 2/1/2015

## Κύτταρο DRAM 1-Τρανζίστορ

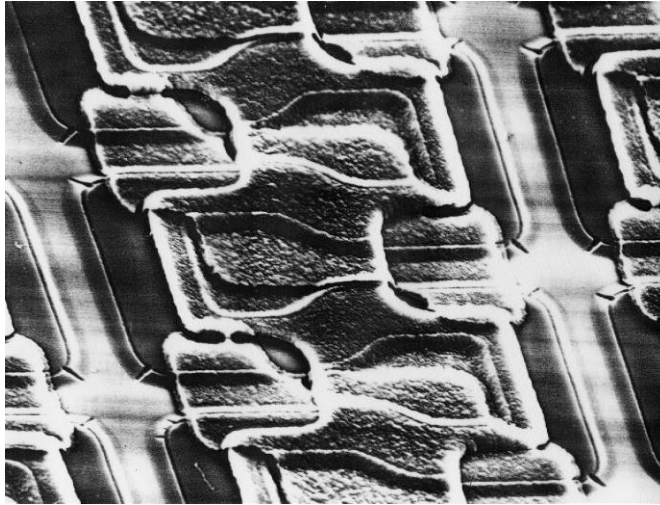


Χρησιμοποιεί χωρητικότητα poly-Si, διάχυσης

▶ 56

HY330 - Διάλεξη 12η - Κυκλώματα Μνήμης 2/1/2015

## Κύτταρο DRAM 1-Τρανζίστορ



▶ 57

HY330 - Διάλεξη 12η - Κυκλώματα Μνήμης 2/1/2015

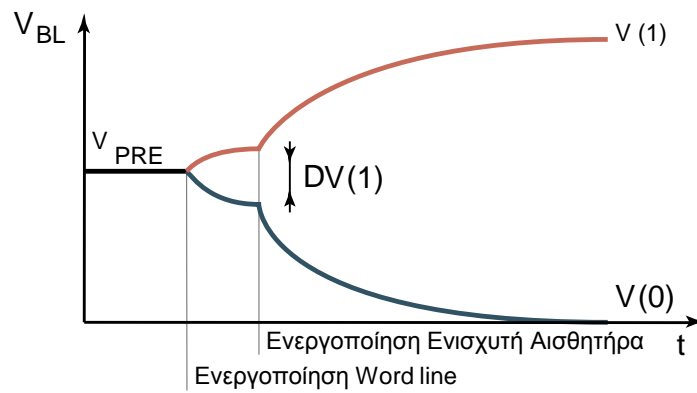
## Περιεχόμενα

- ▶ Είδη Ολοκληρωμένων Μνημών
- ▶ Χρονισμός Μνήμης
- ▶ Αρχιτεκτονικές Μνήμης
  - ▶ Αποκωδικοποιητές
  - ▶ Δομή κατά ύψος, πλάτος
  - ▶ Ιεραρχική Μνήμη
  - ▶ Μνήμη CAM
- ▶ Κύτταρα Μόνο-Ανάγνωσης (ROM)
- ▶ Εκδοχές ROM
  - ▶ MOS OR ROM
  - ▶ MOS NOR ROM
  - ▶ MOS NAND ROM
  - ▶ Ισοδύναμα μοντέλα
- ▶ Μείωση Καθυστερήσης WL
- ▶ MOS NOR με προφόρτιση
- ▶ Σταθερές Μνήμες
  - ▶ Τρανζίστορ Επιπλέουσας Πύλης (Floating Gate)
  - ▶ EEPROM
  - ▶ Τρανζίστορ FLASH
- ▶ RAM
- ▶ SRAM Κύτταρο 6 τρανζίστορ
  - ▶ Ανάγνωση, Εγγραφή, Διάταξη
- ▶ DRAM Κύτταρο 3 τρανζίστορ
- ▶ DRAM Κύτταρο 1 τρανζίστορ
- ▶ **Αισθητήρας Ενισχυτής Μνήμης**

▶ 58

HY330 - Διάλεξη 12η - Κυκλώματα Μνήμης 2/1/2015

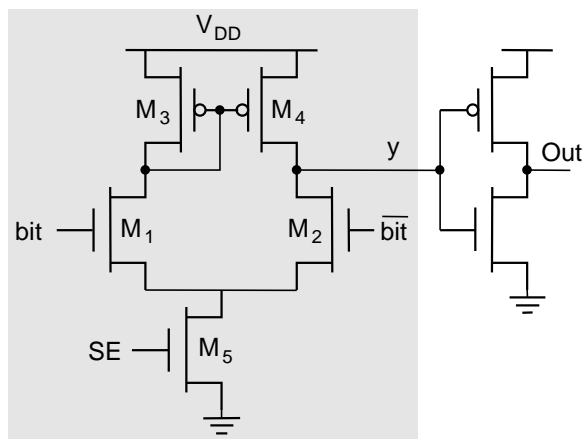
## Λειτουργία Αισθητήρα Ενισχυτή



► 59

HY330 - Διάλεξη 12η - Κυκλώματα Μνήμης 2/1/2015

## Διαφορικός Αισθητήρας Ενισχυτής



► 60

HY330 - Διάλεξη 12η - Κυκλώματα Μνήμης 2/1/2015