

4.8.1 Flash paměti

Předpoklady: 040505

Pedagogická poznámka: Toto je ukázka zpracování referátu.

Délka trvání maximálně 15 minut (spíše do 10 minut). Prezentace maximálně 6 obrazovek (bez obrazovky odpovědi a otázky).

Doplňek učebnice by měl být psán v jejím stylu, do vzorového souboru, který je u hodiny 0407

Flash paměti: nejpoužívanější malé médium na ukládání dat:

- flash disky,
- paměťové karty (v podstatě všechny typy mají uvnitř flash paměti, liší se jen vnějším rozhraním),
- vnitřní úložiště mobilních telefonů, tabletů, MP3 přehrávačů,
- SSD disky do počítačů.

Hlavní výhody:

- nízká cena, která roste lineárně s kapacitou (pro malé kapacity nejvýhodnější druh trvalé přepisovatelné paměti, u kapacit přes 100 GB jsou levnější klasické harddisky, které vyžadují poměrně komplikovanou drahou mechaniku u disku s libovolnou kapacitou),
- odolnost proti magnetickému poli,
- odolnost proti mechanickému poškození.

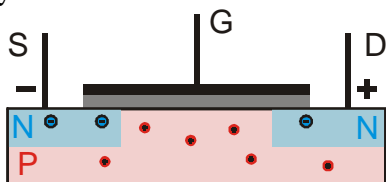
Hlavní nevýhody:

- omezený počet přepisů jednotlivých paměťových buněk.

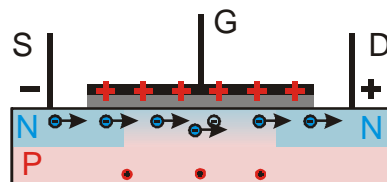
Pedagogická poznámka: Obecné řeči o využití tvoří jen malou část prezentace.

Jednotlivou paměťovou buňku tvoří upravený unipolární tranzistor.

Klasický MOSFET tranzistor



Pokud na Gate nepřivedeme napětí, elektrony nemohou procházet mezi Source a Drain (pravý PN přechod je uzavřený).



Pokud na Gate přivedeme kladné napětí, odpudí z přilehlé oblasti P polovodiče díry a přitáhne elektrony \Rightarrow v oblasti mezi Source a Drain vznikne indukovaná oblast N vodivosti \Rightarrow elektrony mohou procházet mezi Source a Drain (není tam žádný uzavřený PN přechod). Velikost indukované oblasti N vodivosti odpovídá velikosti napětí na Gate \Rightarrow zesilovací efekt (změny napětí na Gate způsobují změny proudu Source-Drain).

Pokud je na S záporné a na D kladné napětí, procházející proud nám říká, zda je na Ge přivedeno napětí nebo ne.

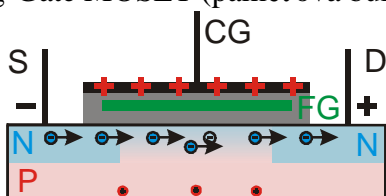
Pedagogická poznámka: Zopakování principů, které zařízení využívá, návaznost na probranou látku.

Pedagogická poznámka: Dále následuje vlastní vysvětlení činnosti.

Musíme součástku změnit, aby v ní bylo možno uchovávat informaci. Upravíme Gate tak, že mezi vlastní tranzistor a původní Gate (nyní označovanou jako Control Gate - CG) vložíme do nevodivé vrstvy izolantu kousek nedotovaného polovodiče (označovaný jako Floating Gate - FG).

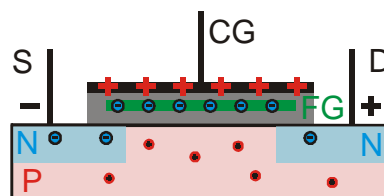
Náboj (například elektrony) přepravený do FG je obklopen izolantem, nemůže proto FG opustit.

Floating-Gate MOSET (paměťová buňka)



Pokud uvnitř Floating Gate není uzavřen žádný náboj, funguje stejně jako obyčejný MOSFET tranzistor. Kladný náboj na CG naindukuje oblast N vodivosti, která umožní průchod proudu od S k D.

V buňce je uložena hodnota 1.



Pokud jsou FG zachyceny elektrony, jejich náboj vyruší (zastíní) působení kladného napětí na CG \Rightarrow v tranzistoru se nenaindukuje vodivý kanál a nemůže procházet proud mezi S a D.

V buňce je uložena hodnota 0.

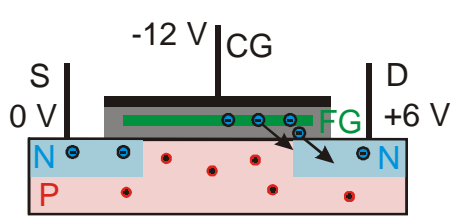
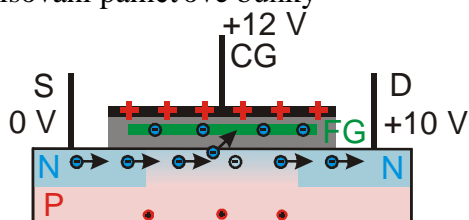
Jeden tranzistor představuje jednu paměťovou buňku (Cell):

- Single-level Cell (SLC): rozlišujeme pouze, zda na FG jsou nebo nejsou elektrony \Rightarrow v buňce můžeme ukládat pouze 1 bite informace (0 nebo 1) \Rightarrow jednodušší konstrukce, méně citlivé na poškození a stárnutí, potřebujeme více buněk.
- Multi-level Cell (MLC): rozlišujeme různá množství náboje chyceného na FG (malý náboj na FG nedokáže zastínit velké napětí na CG) \Rightarrow v buňce můžeme ukládat více informací \Rightarrow složitější konstrukce, citlivé na poškození a stárnutí, potřebujeme méně buněk.

Nyní již umíme přečíst uloženou informaci \Rightarrow jakým způsobem ji zapíšeme?

Běžná napětí používaná pro čtení informací jsou menší než 5 V (mimo jiné hodnota napájecího napětí v USB).

Prepisování paměťové buňky



Tranzistor je otevřen, elektrony získávají značnou energii (velká elektrická intenzita, způsobená vysokým spádem napětí mezi S a D) \Rightarrow některé z nich přeskočí směrem na CG a zachytí se v FG (děj je označován jako hot elektron-injection).

Uchovávanou hodnotu jsme změnili z 1 na 0.

Tranzistor je uzavřen, záporné napětí na CG odtlačuje elektrony z FG ke kladnému D. Velké napětí způsobí, že elektrony unikají z FG do D pomocí tunelového jevu (kvantově mechanický jev - procházení zdí).

Uchovávanou hodnotu jsme změnili z 0 na 1.

Izolační vrstva mezi FG a tranzistorem je postupně poškozována přechodem elektronů \Rightarrow omezený počet přepsání ($10^5 - 10^6$).

Dvě možnosti, jak složit z jednotlivých paměťových buněk paměť:

- NOR paměti: buňky jsou zapojeny zvlášť, je možné je přepisovat i mazat najednou (i když se mažou většinou po skupinách) \Rightarrow menší hustota buněk, rychlejší přístup.
- NAND paměti: buňky jsou zapojeny do série, při čtení znamenají různé hodnoty napětí přístup k různým buňkám v sérii \Rightarrow větší hustota buněk, pomalejší přístup.

Každá flash paměť musí kromě buněk obsahovat:

- řadič, který řídí zápis do buněk tak, aby se neustále nepřepisoval obsah jedné a té samé buňky (brzo by se zničila) a hlídá, aby se místo zničených buněk využívaly buňky záložní,
- zdroj vyššího napětí potřebného na přepisování obsahu buněk (obvyklé napájecí napětí 5 V nedostačuje), tento zdroj často bývá nejcitlivější částí paměti.

Pedagogická poznámka: Na konci by měla následovat minimálně jedna otázka ověřující pochopení funkce a odpověď na otázky v zadání..

Proč flash paměti nepotřebují neustálé napájení jako operační paměť v počítači?
Informace je uchována v Floating Gate, která je izolována vrstvou nevodivé, který neumožňuje přenesenému náboji uniknout a tak smazat informaci.

Proč umožňují jenom omezený počet přepisů?

Izolační vrstva mezi tranzistorem a Floating Gate je neustále poškozována průchodem elektronů. Po určitém počtu přepisů se zcela zničí, Floating Gate přestane být izolována od okolí a přestane uchovávat informaci (náboj z ní může volně uniknout).

Př. 1: Bylo by možné jednoduše sestavit paměťovou buňku s obrácenými typy polovodičů?

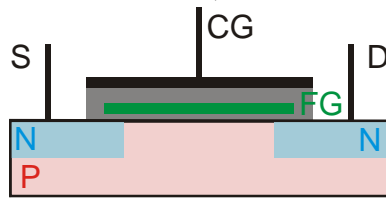
Nebylo. Tranzistor s opačným typem polovodičů bychom museli ovládat záporným napětím na CG a kladným nábojem na FG. Díry nemohou jako tento typ náboje posloužit (protože nejde o kladné částice, ale pouze mezery v mřížce, které nemohou přejít na FG).

Př. 2: Porovnej tloušťku izolantu mezi tranzistorem a FG a mezi FG a CG. Která z nich musí být tlustší? Proč?

Vrstva izolantu mezi tranzistorem a FG musí být tenčí než mezi FG a CG (při zapisování hodnoty 0 mají elektrony přejít z tranzistoru na FG, ale nesmí přejít dál).

Př. 3: V čem jsou obrázky paměťových buněk nepřesné?

Vrstva izolantu je na obě strany od Floating Gate stejná. Ve skutečnosti je směrem k tranzistoru tenčí, směrem k CG tlustší.



Pedagogická poznámka: Celý referát uzavírá uvedení zdrojů.

Zdroje:

Wikipedia: [Flash paměť](#)

Wikipedia: [Flash memory](#)

Oldřich Lepil a kol.: Fyzika aktuálně. Prométheus 2009

Martin Vondráček: [Principy a vlastnosti USB flash paměti](#)

Pavel Tišňovský: [Technologie flash paměti a způsoby jejího využití](#)

Thomas Windbacher: [Engineering Gate stacks for Field-Effect Transistors \(Flash Memory\)](#)

Chintain Hossan: [How flash memory works](#)

Autor: Martin Krynický

Shrnutí: