

2.1 Nuolatinųjų atminčių tipai, programavimas ir panaudojimas

Atmintis, kurioje informacija išlieka atjungus maitinimą, vadinama elektriškai nepriklausoma nuolatine atmintimi (angl. *NVM – Non Volatile Memorie*). Elektriškai nepriklausoma atmintis naudojama kompiuteriuose BIOS kodui saugoti, periferinių įrenginių konfigūracijai, daugelyje buitinių bei pramoninių prietaisų ir kt. Galima išskirti keletą energetiškai nepriklausomos atminties tipų:

- ROM (angl. *Read Only Memory*)
- PROM (angl. *Programmable Read Only Memory*)
- EPROM (angl. *Erasable Programmable Read Only Memory*)
- EEPROM (angl. *Electrically Erasable Programmable Read Only Memory*)
- Flash atmintis (angl. *Flash Memory*)
- FRAM (angl. *Ferroelectric Random Access Memory*)

ROM atminties mikroschemos šiuo metu praktiškai nenaudojamos, nes neleidžia keisti įrašytą į jas atmintį. Šių mikroschemų programavimas atliekamas jų pagaminimo etape. Norint pakeisti kodą reikėdavo iš naujo projektuoti naują mikroschemą.

PROM rado kur kas didesnę pritaikymo sritį, nes šio tipo mikroschemos beveik nejautrios elektromagnetinių laukų poveikiui. Jos programuojamos tik vieną kartą po pagaminimo su specialiais programatoriais.

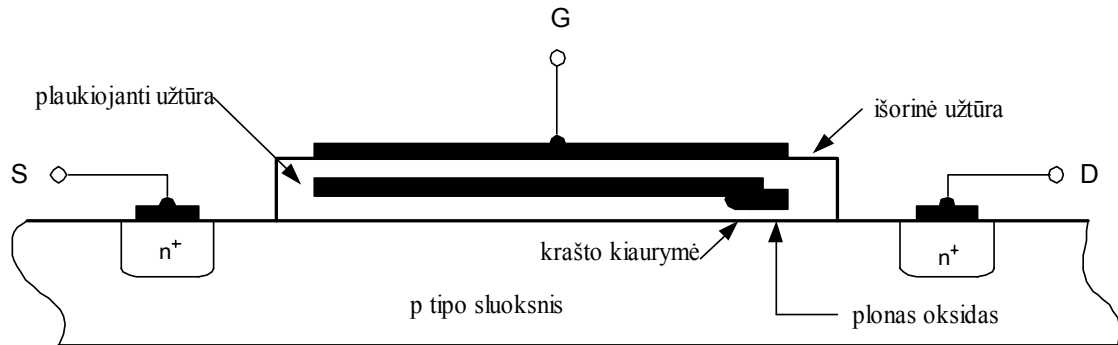
Ištrinamos ir daugelį kartų perrašomos EPROM tipo atmintinės (2.1 pav.) iki šiol yra



2.1 pav. EPROM tipo atmintis DIP korpuse

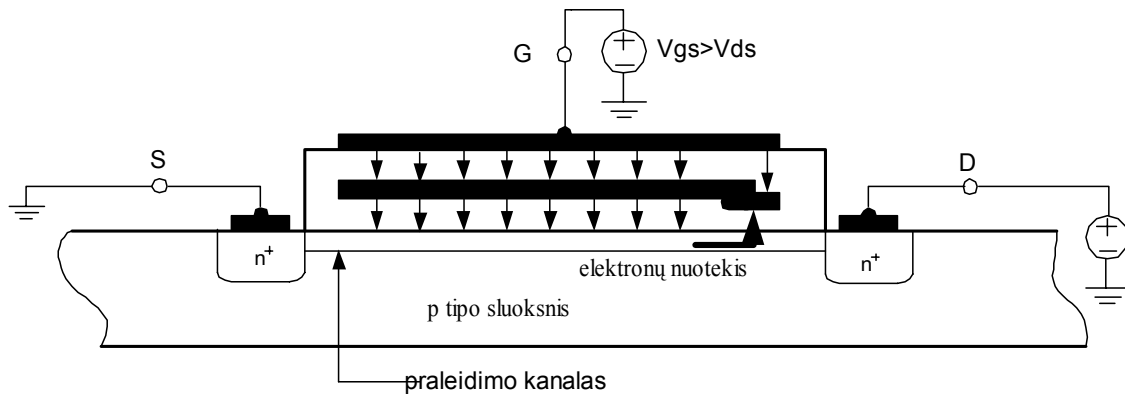
gana populiarios. Jos dažniausiai naudojamos spausdintuvuose, didelės raiškos televizoriuose, DVD bei vaizdo grotuvuose, žaidimams skirtuose įrenginiuose. Taikant vis pažangesnes mikroschemų gamybos technologijas, pavyko labai stipriai padidinti EPROM atmintinių dydį. Jei pradžioje reikėdavo tenkintis 16-256 Kb dydžio atmintimis, tai dabar jau gaminamos net 64 MB mikroschemos. Padidėjo ne tik jų talpumas, bet ir kreipimosi greitis, sumažėjo suvartojamos elektros energijos kiekis.

Dauguma EPROM atmintinių turi tas pačias savybes kaip ir ROM atmintis. EPROM duomenų linijos surištos naudojant plaukiojančią užtūrą, kurios struktūra pavaizduota 2.2 pav.



2.2 pav. EPROM atmintinėse naudojamo metalo-oksido lauko tranzistoriaus plaukiojančios užtūros schema

EPROM modulis turi dvi užtūras. Vidinę, arba plaukiojančią užtūrą, iš visų pusių padengta oksido sluoksniu. Ši konstrukcija izoliuoja vidinį elektrodą ir praktiškai panaikina bet kokius nuotėkių takelius, kurie priešingu atveju sujungtų užtūrą su išore. Be to plaukiojanti užtūra turi sekciją, kuri yra labai arti substrato, atskirta labai plonu oksido sluoksniu. Išorinė užtūra yra prijungta per terminalą ir funkcionuoja panašiai kaip ir paprastas metalo-oksido lauko tranzistorius. Įtampos panaudojimas tarp išorinės užtūros ir šaltinio sukurto elektrinio lauko, kuri jungiama kaip talpa per vidinę užtūrą su substrato paviršiumi, įtakoja lauko tranzistoriaus nuotėkio į šaltinį voltamperines charakteristikas. Daugumoje EPROM atmintinių, kiekvienoje ląstelėje yra plaukiojančios užtūros tranzistorius. Jei plaukiojanti užtūra yra neįkrauta, MOP tranzistorius yra laidus energijai ir ląstelę galima laikyti loginiu 0. MOP tranzistoriaus plaukiojanti užtūra gali būti padaryta nelaidi, tačiau tai priverčia užtūros elektrodą įsikrauti neigiamai. Tai daroma įrašymo metu (2.3 pav.) įžeminant šaltinį.



2.3 pav. EPROM atminties įrašymo procesas

Programavimo įtampos V_{gs} (25 – 28 V) ir V_{ds} (16 – 20 V) priverčia tekėti elektronus link plaukiojančios užtūros, tuo pačiu didinant slenkstinę MOP tranzistoriaus įtampą. Susidaro laidus kanalas tarp šaltinio ir nuotėkio sluoksnio. Elektronai, tekantis žemiau plono oksido sluoksnio, po plaukiojančia užtūra, įgauna didelį greitį ir bombarduoja sritį nuo plaukiojančios užtūros iki substrato. Tai sąlygoja daugiau energijos turinčius elektronus migruoti per oksido sluoksnį į plaukiojančią užtūrą. Šis procesas yra savaime reguliuojamas, kadangi bet kokia neigiama įtampa ant plaukiojančios užtūros sumažina substrato laidžią sritį. Kai programavimo įtampa yra pašalinama, krūvis esantis plaukiojančioje užtūroje išlieka. Kadangi šis krūvis yra neigiamas, tai sumažina bet kokios įtampos V_{gs} įtaką išorinei užtūrai ir kartu padidina atminties efektyvią slenkstinę įtampą. Atminties elementas sukonstruotas taip, kad slenkstinė įtampa viršija 5 V, kai plaukiojanti užtūra praleidžia krūvį. Esant tokiom sąlygom sistema bus nelaidi tol, kol jos užtūra turi energijos. Atminties elemente atsiras loginis 1.

Krūvis, sukauptas EPROM atminties plaukiojančioje užtūroje gali išlikti labai ilgą laiką. Apytikriai skaičiavimai rodo, kad EPROM atminties ląstelė gali išsaugoti duomenys 10 – 100 metų laikotarpyje. Krūvis gali būti pašalintas nuo plaukiojančios užtūros apšvietus ją atitinkamo bangos ilgio ultravioleto šviesa. Nominalus šviesos šaltinio bangos ilgis turi būti 254 nm bei turėti didelę energiją (atliekant šį procesą būtina turi būti naudojama akių apsauga!). Veikiant silicio dioksidą ultravioletine šviesa, laisvos plaukiojančios užtūros elektronų bei skylių poros įgaus pakankamai kinetinės energijos, kad įveikti dioksido elektrinį barjerą. Kad apsaugoti oksidą nuo nepageidaujamos šviesos (saulės ar kt.) poveikio, oksido sluoksnis yra apsaugojamas. Daugelyje atvejų yra naudojami vienas arba keli pasyvinimo sluoksniai, turintys savyje nitrido, kuris efektyviai apsaugo nuo nepageidaujamų ultravioletinių spindulių. Pats oksido sluoksnis taip pat absorbuoja dalį šviesos, todėl ultravioleto šviesos laidumo didinimo efektyvumas nėra labai žymus. Būtent dėl to EPROM atminčių ištrynimasis trunka nuo kelių minučių iki valandos. Įrašytą informaciją galima ištrinti per specialų langelį mikroschemoje. Kai kurios mikroschemos neturi lango; informacija ištrinama panaudojant rentgeno spindulius. Spinduliavimo metu visa informacija ištrinama vienu metu per keletą minučių. Po ištrynimo EPROM atmintis gali būti pakartotinai perprogramuota įrašant į ją naujus duomenys. Deja įrašymo arba ištrynimo procesas atima daug laiko. Kitaip nei PROM atmintys, kurios programuojamos tik vieną kartą, EPROM mikroschemas galima programuoti daug kartų su specialiu programatoriumi, prijungtu prie kompiuterio COM arba LPT sąsajos.[2]

Ten, kur reikalingas reguliarus duomenų ištrynimasis ir perprogramavimas, didesnio lankstumo suteikia elektriškai ištrinama bei perprogramuojama atmintis, kuri vadinama

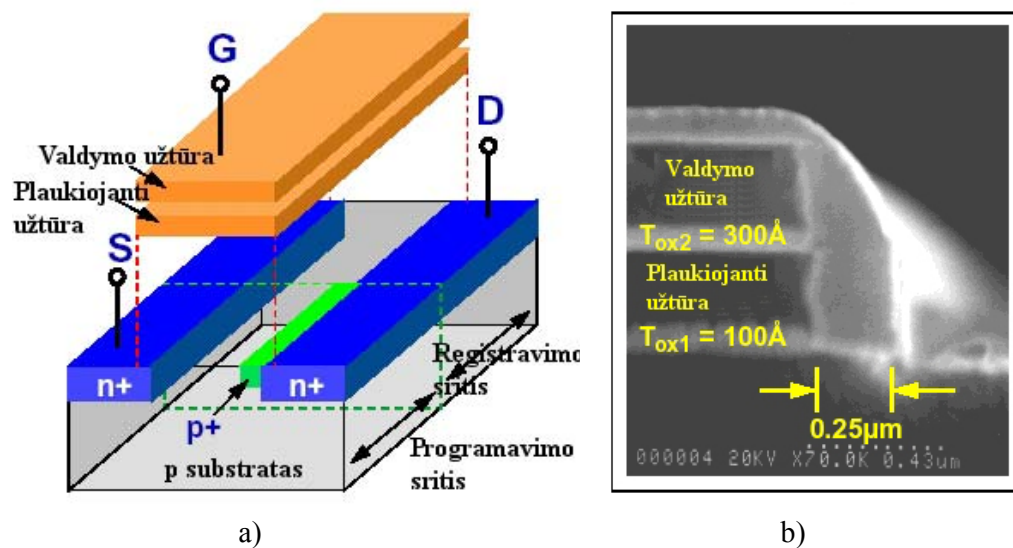
EEPROM. Šio tipo atmintys naudojamos (2.4 pav.) automobiliuose (stabdžių blokavimo ir variklio sekimo sistemos, oro pagalvės), telekomunikacijų įrangoje (telefonai, faksai, modemai), buitineje vaizdo technikoje (televizoriai, vaizdo kameros, mp3 grotuvai),



2.4 pav. EEPROM atminties mikroschemų panaudojimas

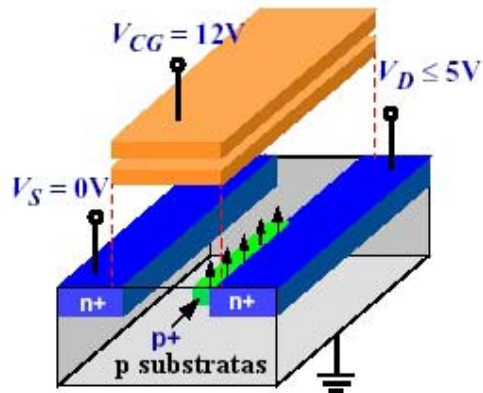
specializuotuose pramonės įrenginiuose (variklių valdikliai, matavimo įrenginiai), kompiuteriuose (CD grotuvai, motininės plokštės ir kt.).

Panašiai kaip ir dauguma EPROM, EEPROM atmintis kiekvienoje ląstelėje turi plaukiojančią MOP tranzistoriaus užtūrą (2.5 pav.).



2.5 pav. EEPROM atminties ląstelė: a) struktūra, b) mikroskopinė nuotrauka

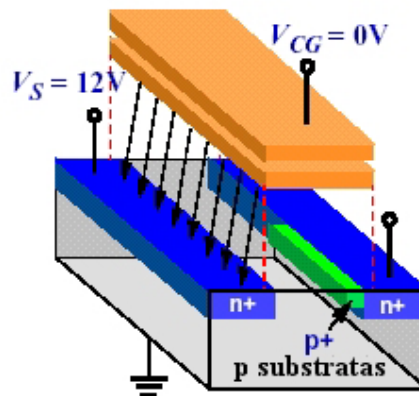
Šiuo atveju plaukiojanti užtūra yra įkraunama naudojant didesnę potencialą tarp įžeminto šaltinio ir užtūros su nuotėkiu. Tai tunelinis efektas, kuris priverčia elektronus tekėti per oksido sluoksnį, tokiu būdu įkraunant plaukiojančią užtūrą bei padidinant įtaiso slenkstinę įtampą (ląstelėje atsiranda loginis 1). Tunelinis efektas pasireiškia esant plonam dielektriko sluoksniui. Šis efektas taip pat naudojamas esant storesniam dielektriko sluoksniui, atitinkamai padidinus įtampą skersai jo. Didžiausia šio efekto panaudojimo problema yra ta, kad daugelyje naudojamų dielektrikų silicio storis yra skirtingas. Todėl didžiausia srovės dalis prateka ploniausiais sluoksniais, o tai gali iššaukti silicio deimantines gardelės pakitimus. Toks ilgalaikis poveikis sukelia dioksido sluoksnio nusidėvėjimą. Būtent tai riboja EEPROM atminčių perprogramavimų skaičių. Tunelinis efektas yra pakankamai greitas. Programavimas (2.6 pav.) paprastai trunka nuo kelių sekundžių iki minutės..



2.6 pav. EEPROM atminties įrašymas

Silicio dioksido plaukiojanti užtūra turi 3.2 eV energetinį barjerą. Pastarojo storis proporcingas dioksido sluoksnio storiui ir nusako elektrinio lauko stiprumą, reikalingą elektronams, kad įveiktų šį potencialinį barjerą.

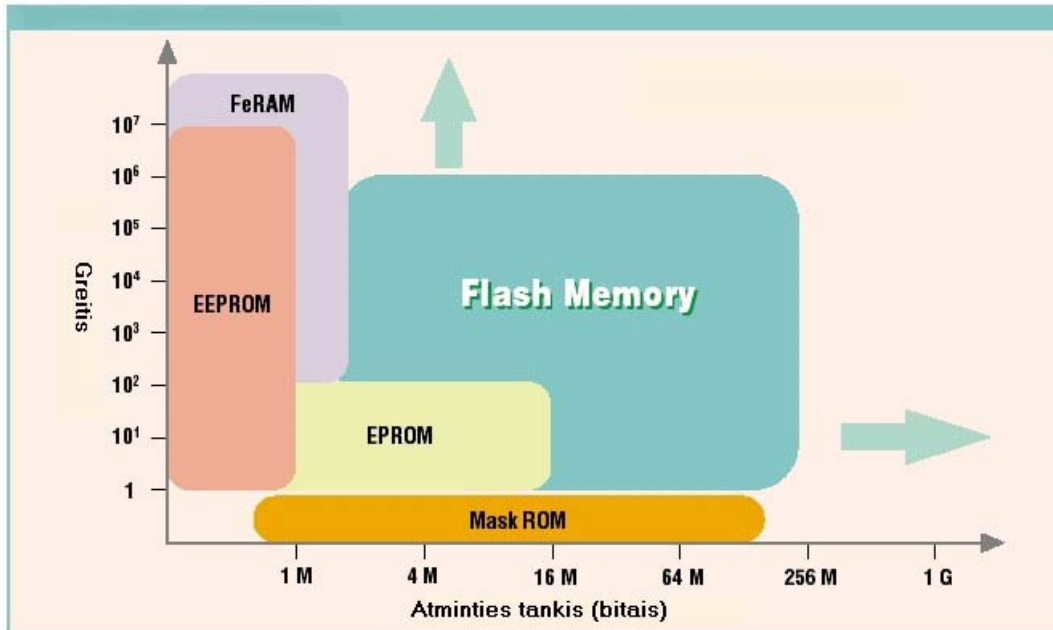
Plaukiojanti užtūra iškraunama naudojant didelę teigiamą įtampą (2.7 pav.).



2.7 pav. EEPROM atminties ištrynimasis

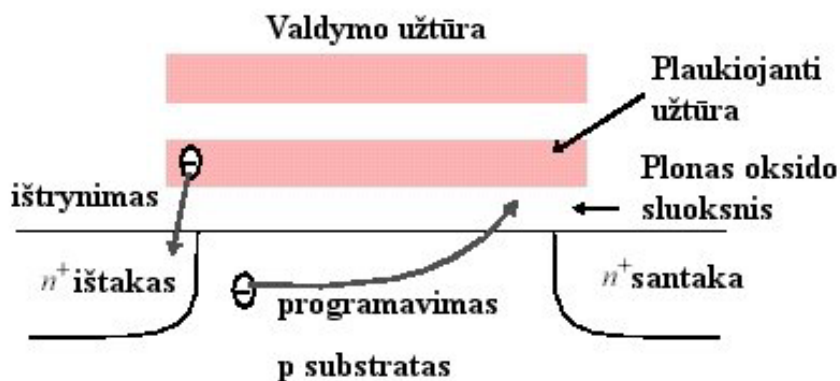
Ji priverčia elektronus tekėti nuo įkrautos užtūros link substrato, tokiu būdu atstatant plaukiojančios užtūros pradinę, neįkrautą būseną. Fizikinė EEPROM tranzistoriaus geometrija šiek tiek skiriasi nuo MOP tranzistoriaus, skirto EPROM atminties ląstelėms. Pirmu atveju yra naudojama gana didelė paviršinė sritis ir tokiu būdu negalimas toks pat didelis atminties tankis, kaip antru atveju. Taigi EEPROM atmintis pralenkia EPROM greičiu, tačiau atsilieka talpumu.[4]

Šiuo metu labiausiai paplitusi yra Flash atmintis, kuri pasižymi tiek dideliu tankiu, tiek dideliu greičiu (2.8 pav.). Šiuo metu Flash atminties mikroschemos praktiškai išleidžia visos



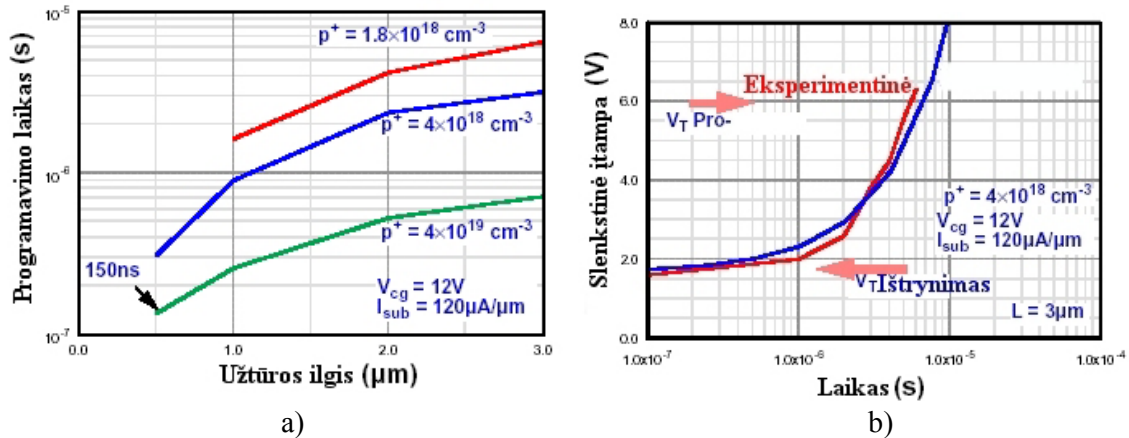
2.8 puslaidininkinės atminties pasiskirstymas

firmos, kurios gamina atminties mikroschemas. Flash atminties struktūra yra labai panaši į EEPROM atmintį (2.9 pav.).



2.9 pav. Flash atminties ląstelės struktūra

Pagrindiniai pranašumai prieš EEPROM – trumpas kreipimosi ir informacijos ištrynimo laikas. Šis laikas priklauso nuo plaukiojančios užtūros ilgio bei slenkstinės įtampos dydžio ir kinta eksponentiniu dėsniu (2.10 pav.).



2.10 pav. Flash atminties programavimo ir ištrynimo trukmės priklausomybė nuo užtūros ilgio (a) ir slenkstinės įtampos dydžio (b)

Flash atmintis plačiai naudojamos netik kompiuteryje, bet ir mobiliuose telefonuose, tinklinėje įrangoje, spausdintuvuose, faksuose ir t.t. Nežiūrint į nesibaigiančias galimybes tobulinant Flash atmintį daugelis analitikų skaito, kad prietaisų rinkoje ją išstumti naujo tipo atmintinis – feroelektrinė atmintis (FRAM).

Pirmosios FRAM mikroschemos buvo pagamintos korporacijoje Ramtron jau 1984 m. Gamybos licenzija šioms mikroschemos išigijo tokie dideli atmintinių gamintojai kaip Hitachi, Toshiba, Fujitsu, Samsung. Skirtingai nuo tradicinės technologijos, šių atminties elementų gamybai FRAM buvo naudojama segnetoelektrinė plėvelė, paremta oksidų – metalų lydiniu (titanas, cirkonis, švinas ir t.t.). Feroelektrinėje atmintinėje su atsitiktiniu priėjimu informacija išsisaugo netgi tada, kai atjungiamas įtampos šaltinis. FRAM turi pranašumus prieš DRAM (galimybė daug kartų perrašinėti) ir SRAM (didelis greitis) bei prieš ROM atmintį (energetiškai nepriklausoma). Atsižvelgiant į tai galiam pagaminti idealų atminties saugojimo įrenginį – greitą, ilgai išsisaugančią atmintį. 1998 lapkritį Samsung pranešė apie bandomąją mikroschemų FRAM partiją su 64 kB talpa. Pradėti gaminti feroelektrinę atmintį yra pasiruošusios tokios kompanijos kaip Siemens AG, Hyundai, Motorola ir NEC. Specialistai mano, kad mikroschemos FRAM su talpa nuo 1MB ir daugiau pateks jau 1999 metais ir palaipsniui išstums Flash, SRAM ir EEPROM atmintines. [5]

Taigi išnagrinėjome skirtingų nuolatinų atminčių struktūrą, privalumus ir trūkumus. Apibendrinant palyginsime visas minėtas atmintis (2.1 lentelė).

2.1 lentelė

Skirtingų atminčių palyginimas

	Flash atmintis	FRAM	EEPROM	EPROM	ROM
Duomenų saugojimas	galimas	galimas	galimas	galimas	galimas
Perrašymas	galimas	galimas	galimas	galimas	-
Perrašymo būdas	Elektriškai įrašoma + Elektriškai ištrinama	Elektriškai perrašoma	Elektriškai perrašoma + elektriškai ištrinama	Ištrinama ultravioletu + Elektriškai įrašoma	-
Įrašymo greitis	geras	puikus	patenkinamas	patenkinamas	-
Skaitymo greitis	geras	geras	patenkinamas	patenkinamas	patenkinamas
Universalus panaudojimas	puikus	patenkinamas	blogas	patenkinamas	puikus

Kaip matome iš lentelės, skirtingos atmintys pasižymi savo privalumais ir trūkumais. Todėl vartotojas turi pats rinktis, kas jam yra svarbiau: perrašymo galimybė, programavimo greitis, skaitymo greitis, universalus panaudojimas ar pagaliau kaina. Tik atsižvelgę į šiuos dalykus ir juos suderinę pagal savo poreikį bei galimybes mes gausime optimaliausią naudoti atminties tipą.