Emulator MikroprocesorJa Motorola M680X

(Inovacijski predlog)

KAZALO VSEBINE

[1 Povzetek iii](#_Toc150007550)

[2 Uvod 1](#_Toc150007551)

[3 Različice in tipi USB-jev 2](#_Toc150007552)

[3.1 USB 1 2](#_Toc150007553)

[3.1.1 USB 1.0 2](#_Toc150007554)

[3.1.2 USB 1.1 2](#_Toc150007555)

[3.2 USB 2.0 2](#_Toc150007556)

[3.3 USB 3 3](#_Toc150007557)

[3.3.1 »USB 3.0« ali »USB 3.1 Gen 1« ali »USB 3.2 Gen 1« 3](#_Toc150007558)

[3.3.2 »USB 3.1« ali »USB 3.1 Gen 2« ali »USB 3.2 Gen 2« 4](#_Toc150007559)

[3.3.3 USB C 4](#_Toc150007560)

[3.4 NAPAJANJE 4](#_Toc150007561)

[4 Delovanje 5](#_Toc150007562)

[4.1 Signalizacija 6](#_Toc150007563)

[4.1.1 Stanja signalizacije pri USB 1.x 6](#_Toc150007564)

[4.1.1.1 Prehodno stanje linije 6](#_Toc150007565)

[4.1.2 Stanje linij(USB 1.x in USB 2.0) 8](#_Toc150007566)

[4.1.2.1 Prenos podatkov 8](#_Toc150007567)

[4.1.2.2 Sinhronizacijski vzorec 9](#_Toc150007568)

[4.1.2.3 EOP(konec paketa) 9](#_Toc150007569)

[4.1.3 USB 3.0 9](#_Toc150007570)

[4.2 Razredi naprav 10](#_Toc150007571)

[5 ZAKLJUČEK 10](#_Toc150007572)

# Povzetek

Moj inovacijski predlog predstavlja razvoj emulatorja za mikro procesorja Motorola M6800 in Motorola M6803, ki omogoča uporabnikom, še posebej tistim, ki se želijo naučiti osnove nizko nivojskega programiranja in dela z »assembly« programskimi jeziki, edinstveno priložnost za izboljšanje njihovega razumevanja računalniške arhitekture. Emulator vsebuje uporabniku prijazen vmesnik s poljem za vnos »assembly« kode, prikaz spomina, orodja za sestavljanje in razstavljanje ukazov, orodja za izvajanje ukazov, zaslon, vhodne medpomnilnike, tabelo ukazov in njihove lastnosti, ter veliko nastavitev za olajšanje uporabe emulatorja.

# Uvod

S trenutno omejenimi možnostmi za simulacijo in izvajanje kode za mikro procesorja Motorola M6800 in M6803 se soočamo s pomanjkanjem virov za izobraževanje študentov, razvijalcev in ljubiteljev retro računalnikov. To pomanjkanje priložnosti je očitna težava, ki me je spodbudila k razvoju emulatorja. Moja rešitev bo prinesla koristi v obliki izboljšane uporabniške izkušnje pri učenju programiranja v assembly jeziku za omenjene procesorje, kar bo omogočilo lažje razumevanje računalniške arhitekture. Zato sem tudi izbral Motorola procesorje iz družine M68XX saj so ti zelo nezapleteni ter imajo malo število registrov in omejeno število dokazov. Moj emulator ima potencialne aplikacije v izobraževalnih ustanovah, kar dodatno krepi njegov pomen.

# RAZVOJ

Emulator je bil razvit z ogrodjem za programsko opermo »Qt«, ki je odprtokodno in zmogljivo okolje za razvoj grafičnih uporabniških vmesnikov ter ostale programske opereme. Večina emulatorja je bila izdelana z programskim jezikom c++. Nekaj postopkov razvoja sem avtomatiziral z skriptami napisanimi v programskem jeziku python.

# Model

## Uporabniški vmesnik

V aplikaciji »Qt Creator 10.0.2 (Community edition)« sem razvil uporabniški vmesnik s podanimi orodji.

### Števec vrstic

Na levi strani glavnega okna je polje namenjeno štetju vrstic assembly programa. Vsaka vrstica tega polja ustreza številu vrstic polja za vpis assembly programa z indeksiranjem, ki se začne pri 0. Ko programn trenutno ni sestavljen ali spomin ni razstavljen bodo v polju pisale samo vrsticam ustrezna števila. Če pa je program sestalvjen oz. ukazi ustrezajo strojni kodi v spominu pa bo ob številu vrstic, ločeno s dvopičjem izpisan pomnilniški naslov, ki ustreza pomnilniški lokaciji kjer je zapisan prvi bajt ukaza oz. njegova operacijska koda.

V primeru da je vklopljena nastavitev »napredne informacije programa« pa bodo ob pomnilniški lokaciji bili izpisani vsi bajti v katere se ukaz na ustrezni vrstici sestavi ločeni z dvopičjem

Klik na vrstico tega polja bo pod pogojem, da je program sestavljen, obarval ukaz, število vrstice ter naslov prvega bajta tega ukaza v spominu z zeleno barvo. Ta oznaka bo ostala dokler se program ne spremeni ali uporabnik ne prtisne desni gumb miške na to polje.

### Polje za vpis assembly kode

Ob števcu vrstic je polje za vpis assembly kode. Vpis v polje je mogoč, ko je emulator nastavljen na način vpisa kode.

### Polje za prikaz spomina

Polje za prikaz spomina, ki je na sredini glavnega okna v podobi tabele prikazuje vse pomnilniške celice ter vrednosti ki jih hranijo v šestnajstiškem številskem sistemu.

Desno zgoraj je polje ki prikazuje vsebine registrov procesorja M6800, ti so akumulator A, akumulator B, indeksni register X, programski števec, kazalec sklada in zastavice stanja.

Desno spodaj je stran za izbiro večih zavihkov.

1. Prvi je okno konzole ki prikazuje napake, opozorila in informacije ki jih emulator posreduje uporabniku.
2. Drugi vsebuje orodja za odpravljanje napak, ki vsebuje prevajalnik številskih sistemov ter sistem prelomnih točk ki omogočajo uporabniku samodejno ustavljanje izvajanja ukazov ob določenem dogodku ali pogoju. Na primer, program se lahko ustavi če po kateri register vseboval zaželeno vrednost, lahko se ustavi na določeni vrstici/ukazu ali pa, ko neka celica v spominu vsebuje zaželeno vrednost.
3. Tretji vsebuje večino nastavitev emulatorja. Možne nastavitve so:
   * Nastavitve, ki določajo kaj se bo prikazalo v oknu konzole.
   * Nastavitev, ki omogoča prikaz podrobnejših informacij vsakega sestavljenega ukaza.
   * Nastavitev, ki določa v kakšnem številskem sistemu bodo napisane vrednosti registrov.
   * Nastavitev, ki določa če bodo ukazi samodejno sestavljeni ko je program zagnan po spremembi ukazov.
   * Nastavitev, ki določa če bo se emulator samodejno ponastavil na stanje pred zadnjim izvrševanjem.
   * Nastavitev, ki določa, ali se procesor ravna po ciklični hitrosti ukazov in izvaja z določenim številom ciklov na sekundo ali pa sledi uporabnikovi nastavitvi ukazov na sekundo, pri čemer ciklična hitrost ni upoštevana.
   * Nastavitev, ki določa če bo uporabniku prikazan standardni prikaz spomina ki ima 16 pomnilniških naslovov in njihovih vrednosti v eni vrstici, ali enostavnejši prikaz ki prikazuje 20 poljubnih zaporednih pomnilniških naslovov in vrednosti katere vsebujejo v tabeli.
   * Nastavitev, ki omogoča nastavljanje delovanja emulatora med pisanjem kode ter neposredno v spomin, to posledično tudi določa če bo emulator kodo ali ukaze sestavljal ali razstavljal. Na spodnjem delu glavnega okna se pojavi gumb ki prikazuje trenutni način delovanja emulatorja ter ponuja uporabniku da ga zamenja. Privzeta nastavitev je da deluje na način sestavljanja, to je da uporabnik piše ukaze v assemblyu ter jih prevajalec sestavi v strojno kodo, druga nastavitev je način razstavljanja, takrat je uporabniku omogočeno spreminjanje strojne kode ter razstavljanje spomina, to je da se strojna koda v spominu prevede v assembly ukaze ki se bodo izpisali v polju za assembly program.
   * Nastavitvi za samodejno premikanje polja na ukaz kateri se trenutno izvršuje.
   * Nastavitev, ki določa kje bo prikazan zaslon. Če je nastavitev nastavljena na »glavno okno« bo zaslon prikazan na glavnem oknu med polju za spomin in polju registrov, ko bo ta imel zadosti prostora, oziroma ko bo glavno okno dovolj široko. Če je nastavitev nastavljena na »zunanje okno«, bo zaslon prikazan zunaj glavnega okna v obliki okna za dialog.
4. Četrti zavihek vsebuje opis in navodila za uporabo emulatorja
5. Peti vsebuje tabelo z vsemi ukazi mikroprocesorjev Motorola M6800 in Motorola M6803. Ukazi, operacijske kode, število ciklov, velikost ter opisi zadnje omenjenega so obarvani rdeče.

Na spodnji strani glavnega okna so gumbi ter izbirni meniji za olajšano in uporabniku prijaznejšo uporabo emulatorja. Ti so:

1. Gumb »Sestavi/Razstavi« bo če je način pisanja nastavljen na »pisanje kode« ukaze, ki so trenutno napisani v polju za pisanje ukazov sestavil in prevedel v strojno kodo, ki bo pregledna v polju za spomin. Če pa je način pisanja nastavljen na pisanje v spomin, bo ta gumb razstavil strojno kodo zapisano v spominu ter jo zapisal v polju za ukaze.
2. Meni za izbiro različice Motorola procesorjev. Trenutno emulator podpira dve različici Motorola M6800 in Motorola M6803, ampak je tako zasnovan da omogoča nadaljnjo razširitev ter dodajanje novih procesorjev. Emulator bo se ravnal, sestavljal razstavljal ter izvajal ukaze glede na izbran procesor.
3. Gumb za nalaganje, bo glede na izbiro načina pisanja iz zunanje datoteke naložil assembly kodo ali pa spomin.
4. Gumb za shranjevanje, bo glede na izbiro načina pisanja srahnil assembly kodo ali pa trenutni spomin v datoteko.
5. Gumb za zamenjavo načina delovanja emulatorja. Privzeto je ta gumb nedosegljiv lahko se pa prikaže s nastavitvijo »dovoli zamenjavo načina pisanja«. Desno od gumba je napis trenutnega načina.
6. Gumb za ponastavitev ponastavi emulator na stanje kakšnega je bil po zadnjem sestavljanju ali pred zadnjim izvajanjem.
7. Gumb »korak« ki izvede en ukaz z procesorjem izbranim v meniju za izbiro različice procesorja.
8. Gumb »Zaženi/Ustavi« v primeru, da procesor trenutno ne izvaja ukazov zažene samodejno izvajanje ukazov. V primeru, da procesor trenutno izvaja ukaze pa ga ta gumb začasno ustavi. Uporabnik lahko izvajanje vedno nadaljuje z vnovičnim pritiskom na ta gumb. Gumb deluje v skladu z menijem hitrosti ter nastavitvijo za izbiro načina izvajanja. Procesor bo samodejno prenehal izvajanje kadar naleti na strojni kod 0x00. Če je programski števec(PC) trenutno vsebuje pomnilniško lokacijo, ki vsebuje 0x00 in če je nastavitev »samodejna ponastavitev« vklopljena bo se emulator ponastavil.
9. Meni za nastavitev hitrosti izvajanja. Prikazuje število ukazov ali ciklov na sekundo. Možna je izbira od 1 do 1000 ter »maksimum«. Maksimum je včasih neenakomeren ampak je najhitrejša izbira. Te vrednosti so le približek saj je hitrost odvisna od zmogljivosti uporabnikovega računalnika.

# Različice in tipi USB-jev

Priključki USB so bili ustvarjeni na modelu asimetrične komunikacije kjer je ena naprava »nadrejena« ostale naprave pa so »podrejene«. V večina primerov je nadrejena naprava osebni računalnik. Podrejene naprave pa so lahko različne vrste vhodnih ali izhodnih naprav ter naprav za shranjevanje podatkov. To so lahko tipkovnice, monitorji, zvočniki, trdi diski in podobno.

Nadrejene naprave USB imajo ponavadi ženski USB tip A priključek. Večina podrejenih naprav pa ima ženski USB tip B priključek. Najnovejši USB tip C priključek pa lahko deluje kot nadrejen in podrejen.

## USB 1

USB 1.0 in USB 1.1 sta bili prvi različici USB-ja in sta imeli 2 tipa priključka. To sta standardni tip A in standardni tip B. S časom so se pojavile težnje za razvoj manjših priključkov. Ti niso bili izumljeni do časov USB 2.0.

### USB 1.0

Izdan je bil leta 1996 in je teoretično zmožen prevajati podatke s 1.5 megabitov na sekundo. Ta različica ni bila preveč uporabljana ker ni podpirala podaljške zaradi omejitev pri napajanju in ostalih , je bila počasna in nezanesljiva.

### USB 1.1

Izdan je bil leta 1998 in je teoretično zmožen prevajati podatke s 12 megabitov na sekundo. USB 1.1 je prva verzija ki je bila množično uporabljena.

## USB 2.0

Izdan je bil leta aprila 2000. Najvišja teoretična hitrost USB 2.0 je 424 megabitov na sekundo(imenovan »High-speed« ali »High-bandwidth«). Spremembe specifikacij dizajna USB-ja so bile spremenjene preko »ECN«

S USB 2.0 so bili uvedeni manjši priključki tipa A in B poimenovani »USB mini-A«, »USB mini-B« in »USB mini-AB«(samo ženski), katerega namen je bil da se lahko v njega priključita moški mini-A in moški mini B. USB mini-AB in USB mini-A nista nikoli bila množično uporabljena in zdaj veljata za zastarela in neodobrena.

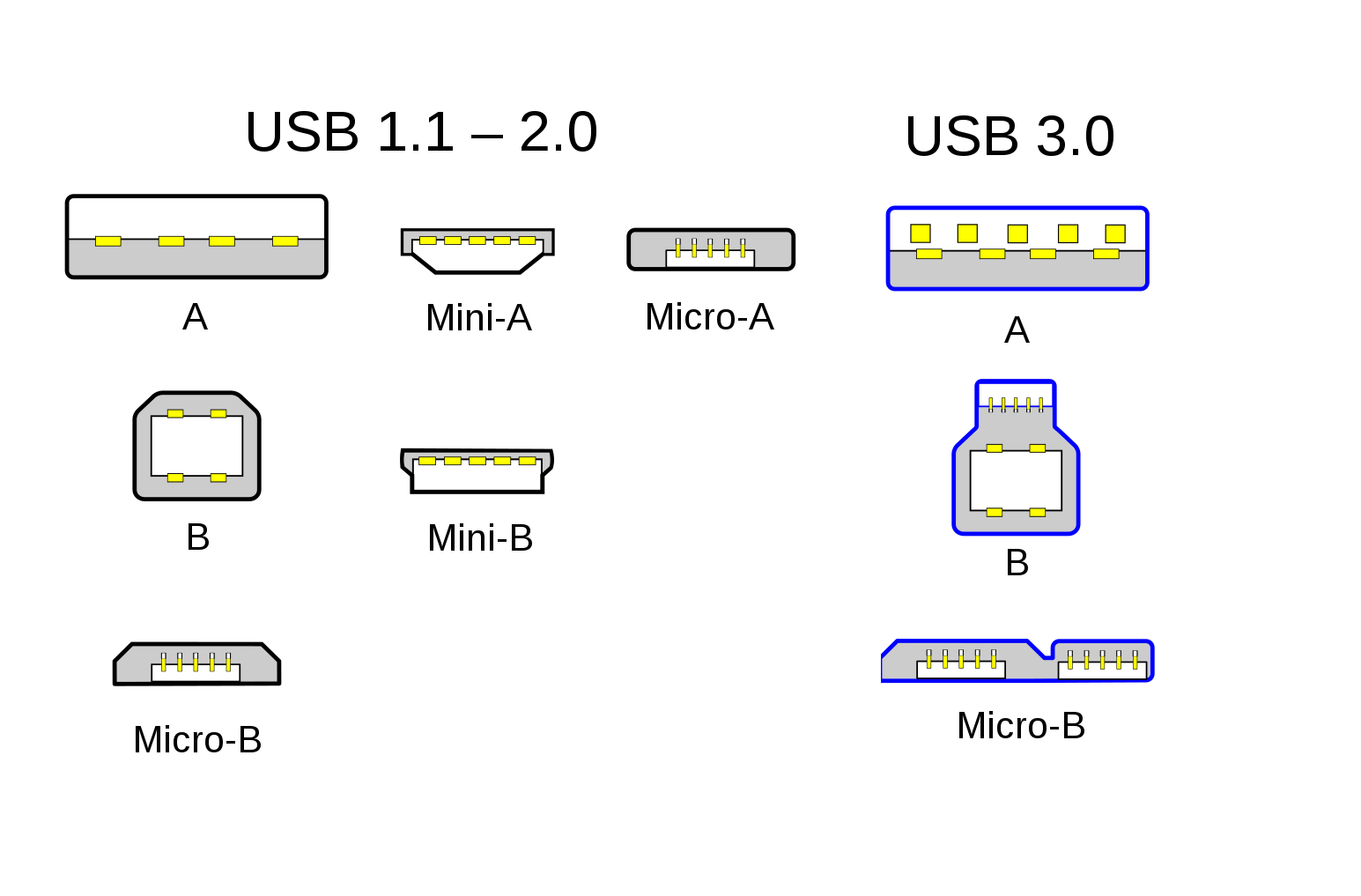
Januarja 2007 so bili še uvedeni »micro« priključki poimenovani »USB micro-A«(samo moški), »USB micro-B« in »USB micro-AB«(samo ženski).

Micro in mini priključki USB so dobili nov pin imenovan »On the Go ID«(OTG) ki omogoča da naprava deluje kot nadrejena ali kot podrejena. Če je ta pin povezan na ničlo bo naprava poskusila delovat kot nadrejena, če pa pin ni povezan bo naprava delovala kot podrejena.

## USB 3

Specifikacije za USB 3.0 so bile objavljene novembra 2008. USB 3.0 je močno reformiral vse USB standarde.

Priključkom je bilo dodanih 5 dodatnih pinov k že obstajajočim štirim ki so se uporabljali v USB 2.0. Posledično ker so originalni štiri pini ostali so vsi ženski USB 3.0 priključki kompatibilni z vsemi moškimi priključki USB 2.0. USB tip-A priključki pa so povsem kompatibilni med USB 2.0 in 3.0

USB 3.x priključki so bili večkrat preimenovani.

Slika 1: Priključki USB 1.1-3.0(USB 2.0 and 3.0 connectors, 2022)

### »USB 3.0« ali »USB 3.1 Gen 1« ali »USB 3.2 Gen 1«

Dodana je bil nova hitrost prenosa poimenovana SuperSpeed USB(SS) ki teoretično lahko prenaša 5 gigabitov na sekundo kar je približno 10 krat hitrejše kot USB 2.0

### »USB 3.1« ali »USB 3.1 Gen 2« ali »USB 3.2 Gen 2«

Izdan je bil julija 2013 in je preimenoval USB 3.0 v USB 3.1 Gen 1. Nastala je nova definicija SuperSpeed+ ki se imenuje USB 3.1 Gen 2. Teoretično je zmožen prenašat

Diagram

Description automatically generated

Slika 2: Pini na priključku Micro B SuperSpeed (USB micro B SuperSpeed pinout, 2022)

### USB C

USB tip-c ima 24 pinov, ki so ločeni na A(zgornji) in B(spodnji). A1, B1, A12, B12 so za ozemljitev. A4, B4, B9 in A9 so VBUS ali power pini, ti so povezani s rdečo žico. B5 je VCONN in je za napajanje pri kablih samo za napajanje. A5 je konfiguracijski pin in je povezan s modro žico, A6 in A7 sta Dp1 in Dn1 in sta uporabljena kot D+ in D- če je kabel povezan s USB 2.0 priključkom. Pini A8 in B8 sta SBU1 in SBU2. SBU1 je povezan s rdečo žico SBU2 pa s črno. Uporabljata se za alternativne načine delovanja. A2, A3 Sta SSTXp1 in SSTXn1. Povezana sta s rumeno in rdečo žico, sta prvi par za prevajanje podatkov. B11, B10 Sta SSRXp1 in SSRXn1. Povezana sta s zeleno in oranžno žico, sta drugi par za prevajanje podatkov. B2, B3 Sta SSTXp2 in SSTXn2. Povezana sta s belo in črno žico, sta tretji par za prevajanje podatkov. A11, A10 Sta SSRXp2 in SSRXn2. Povezana sta s rdečo in modro žico, sta četrti par za prevajanje podatkov

## NAPAJANJE

Nekonfigurirane naprave ki uporabljajo USB 2.0 in malo energije dobijo največ 1 enoto obremenitve(1 enota pri USB 2.0 je 100mA). USB 3.0 redefinira enoto obremenitev (150mA) ampak še vedno dovoli največ 1 enoto.

Naprave ki rabijo veliko energije in uporabljajo USB 2.0 (kot je tipičen 2,5-palčni trdi disk USB) porabijo vsaj 1 enoto obremenitve in največ 5 enot obremenitve (5x100 mA = 500 mA). SuperSpeed naprave pa uporabijo 6 enot obremenitve (6x150 mA = 900 mA).

USB 3.2 Gen 2 naprave lahko uporabljajo do 1.5. USB tip-C lahko uporablja do 3A.

Za prepoznavanje polnjenja baterije namenska polnilna vrata postavijo upor do 200 omov na pinih D+ in D−. Kratko ali skoraj kratkostično povezani podatkovni pasovi z manj kot 200 omov upora na pinih "D+" in "D−" kažejo da bo se priključek uporabljal kot »dedicated charging port«(DCP) z neomejenimi hitrostmi napajanja.

# Delovanje

Sistem USB je sestavljen iz gostitelja in večnimi priključki ki tvorijo topologijo zvezde. Gostitelj ima lahko več krmilnikov, ki imajo lahko več priključkov USB. Na vsak krmilnik je lahko povezanih največ 127 naprav. Naprave so povezane v seriji vozlišč. Vozlišče v krmilniku se imenuje korenski vozlišče.

Naprava lahko ima več logičnih pod-naprav katerim se reče funkcije naprave, taka naprava se imenuje kompozitna naprava. Kompozitna naprava lahko ima veliko funkcij. Na primer, video kamera, ki ima vgrajen mikrofon. Alternativa kompozitnim napravam je tudi sestavljena naprava. Taka naprava ima v sebi vozlišče na katero so povezane logične naprave. Vsem logičnim napravam krmilnik nastavi svoje naslove.

Komunikacije med napravami USB temelji na cevni komunikaciji. Cev je povezava od gostiteljskega krmilnika do logične enote znotraj naprave, imenovane končna točka. Ker ima vsaka cev svojo končno točko se ti izrazi včasih uporabljajo kot sopomenke. Vsaka naprava USBima lahko do 32 končnih točk. Od teh jih je lahko 16 vhodnih in 16 izhodnih. Končne točke so nastavljene v procesu inicializacije zato so neke vrste trajne cevi pa se lahko odpirajo in zapirajo

Obstajajo dve vrsti cevi to so sporočilne in točne. Sporočilne cevi so ponavadi uporabljene za kratke in enostavne komande za napravo, poročanje statusov in podobno. Točne (tok) cevi pa so uporabljane za prenos podatkov s tremi metodami prenosa. Prva je izohroni prenos, ta poteka na enakomerni hitrosti prenosa podatkov. Slaba stran izohronega prenos je da ni preveč zanesljiv in včasih lahko pride do napak pri prenosu. Druga metoda je »Interrupt transfer«, ta metoda je zelo odzivna in se uporablja pri miškah, tipkovnicah in podobnih naprav ki rabijo čim manj zakasnitev. Tretja in zadnja metoda je »Bulk transfer«, ki se uporablja pri prenašanju datotek. Ta nima zagotovljene majhne zakasnitve ali hitrosti prenosa.

Ko gostitelj zažene prenos podatkov, pošlje žeton paket(token packet), ki vsebuje adreso naprave in končno točko(device\_address, endpoint\_number) z terico(tuple). Če je prenos iz gostitelja v končno točko, bo gostitelj poslal »ven paket«. To je specializiran žeton paket, ki vsebuje zaželjeno adreso naprave in končno točko. Če je prenos iz naprave v gostitelja, bo gostitelj poslal »not« paket. Dvosmerna končna točka sprejema »not« in »ven« pakete.

Vsaka funkcija naprave je povezana z vmesnikom ki ga sestavlja več končnih točk. Izjema je končna točka nič, ki se uporablja za konfiguracijo naprave in ni povezana z nobenim vmesnikom. Sestavljena naprava ima samo en naslov.

Ko je naprava prvič povezana z gostiteljem, se začne postopek »oštevilčenja«. Oštevilčenje se začne s tem, da gostitelj napravi pošlje signal za ponastavitev. Hitrost prenosa podatkov naprave se določi med signalizacijo ponastavitve. Po ponastavitvi gostitelj prebere podatke o napravi in ji dodeli enolični 7-bitni naslov. Če gostitelj podpira napravo, se naložijo

gonilniki naprave, ki so potrebni za komunikacijo z napravo, in naprava je nastavljena v konfigurirano stanje. Če se gostitelja ponovno zažene, se postopek oštevilčenja ponovi za vse povezane naprave.

Krmilnik gostitelja usmerja tok prometa do naprav, tako da nobena naprava ne more prenesti podatkov po vodilu brez zahteve krmilnika gostitelja. V USB 2.0 gostiteljski krmilnik izprašuje po vodilu za promet, običajno na krožni način. Prepustnost vsakih vrat USB je določena s počasnejšo hitrostjo priključka ali naprave, povezane s priključkom. High-speed USB 2.0 vozlišča vsebujejo »prevajalnike«, ki pretvarjajo vodila med High-speed in Full-speed ali Low-speed vodilami. Vsako vozlišče ali ženski priključek ima lahko samo en prevajalnik.

Ker sta v vsakem gostitelju USB 3.0 dva ločena krmilnika, USB 3.0 naprave bodo delovale na svojih normalnih hitrostih, ne glede na to če so prej bile USB 2.0 naprave povezane na ta gostitelj.

## Signalizacija

Signali USB se prenašajo s diferencialno signalizacijo na sukanem paru podatkovnih žic s 90 omov karakteristične impedance. USB 2.0 in prejšnje specifikacije uporabljajo samo en par v poldupleksnem načinu(HDx). USB 3.0 podeduje ta par in dodajo dva nova para za prenos podatkov ki sta v polnem dupleksu(FDx). USB tip C pa ima še dva para FDx.

### Stanja signalizacije pri USB 1.x

Gostitelj ima 15k omske upornike na vsakem koncu podatkovne linije. Ko naprava ni povezana sta obe podatkovni liniji v »single-ended zero«(SE0) stanju to kaže da se naprava ponastavlja, je odklopljena ali je bil končan prenos paketa.

V USB 1.x katera linija gre pozitivno kaže, če je naprava »Low-bandwidth« ali »Full-bandwidth«. Pri Low-bandwidth napravah gre D- visoko, pri Full-bandwidth pa gre D+ visoko.

#### Prehodno stanje linije

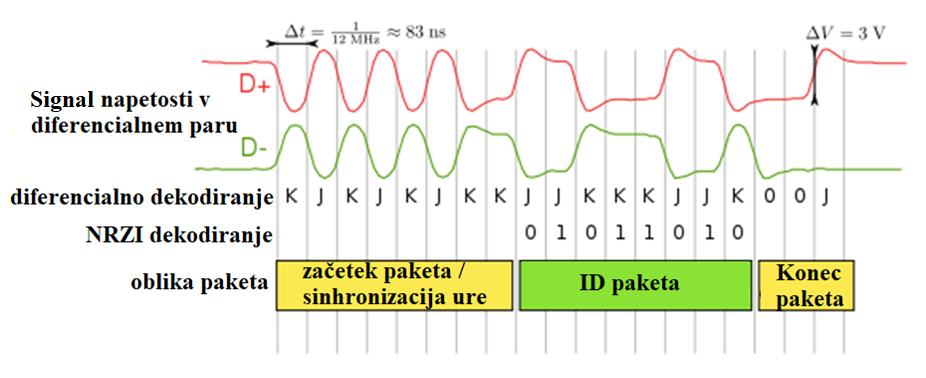
Obstajajo 4 prehodna stanja signalov. Prvo se označuje s črko »J«, ta ima pri Low-bandwidth napravah visoki D- in nizki D+, pri Full-bandwidth pa ravno obratno. Prisoten je med prehodom stanja linije ali ko čaka na novi paket. Drugo stanje se označuje s »K« ta ima ravno nasprotna stanja od »J«. Prisoten je med prehodom stanja linije. Tretje je SE0 in ima D+ in D- nizko. Četrto stanje je ilegalno in se nikoli ne sme pojavit. Imenuje se SE1 in sta oba D+ in D- visoka, to kaže da se je nekje zgodila resna napaka.

### Stanje linij(USB 1.x in USB 2.0)

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Stanje linije | opis | Low speed | Full speed | High speed |
| ločeno | Ni povezane naprave, obe liniji sta nizki | SE0 ≥ 2 µs | | |
| poveži | Naprava zviša na D+ ali D- in zbudi gostitelja s ločenega stanja. To začne proces oštevilčenja in nastavi stanje na nedejavno. | D- zviša | D+ zviša | D+ zviša, uporablja »chirping« |
| Nedejaven / J | Zaznava stanje linije v primeru ločenega stanja. | Kot ločeno stanje | | |
| uskladi | Začne prenos paketa s določenim vzorcem | KJKJKJKK | | 15x KJ nato KK |
| EOP(konec paketa) | Vzorec za konec paketa | SE0, SE0, J | | |
| Ponastavi | Nastavi napravo na znano začetno stanje | SE0 ≥ 2.5 ms | | |
| prekini | Izklopi napravo tako da uporablja samo 0.5mA s VBUS izhodov. To stanje izstopi samo ko dobi signal za nadaljevanje ali ponastavljanje. | J ≥ 3 ms | | |
| Nadaljuj (gostitelj) | Gostitelj želi zbuditi napravo | K ≥ 20 ms nato EOP | | |
| Nadaljuj (naprava) | Naprava se želi zbuditi(rabi bit nedejavna za vsaj 5ms) | Naprava pošlje K ≥ 1 ms nato gostitelj pošlje nadaljuj stanje | | |
| Ostani živ | Gostitelj želi povedat napravi naj ostane budna | EOP vsako ms | Namesto tega uporablja SOF packet da ne zaspi | |

#### Prenos podatkov

Podatki USB se prenašajo z zamenjevanjem med J stanjem in K stanjem. Do USB 2.0 se uporablja NRZI linijsko kodiranje. Bit 0 se pošlje s prehajanjem s K na J ali obratno. Bit 1 pa se pošlje s tem da se podatkovne linije pustijo takšne kot so. Da bi zagotovili dovolj prehodov signala za obnovitev ure v bitnem toku, je za podatkovni tok uporabljena tehnika polnjenja bitov: dodaten 0 bit se vstavi v podatkovni tok vsakič ko se pojavi šest zaporednih 1 bitov. (Tako je zagotovljeno, da obstaja bit 0, ki povzroči prehod stanja prenosa.) Sedem zaporedoma prejetih bitov 1 je vedno napaka.



Slika 3: Primer izmenjave podatkov v Full-speed napravi(Transmission example on a Full-speed device, 2022)

#### Sinhronizacijski vzorec

Paket USB se začne s 8-bitnim sinhronizacijskim vzorcem(00000001). Zadnji bit 1 kaže konec sinhronizacijskega vzorca in začetek paketa. Za High-bandwidth naprave USB se paket začne s 32-bitnim sinhronizacijskim vzorcem

#### EOP(konec paketa)

Oddajalnik da 2 bit časa SE0 in 1 bit čas stanja J. Po tem oddajalnik neha upravljati s D+ in D- linijami in ju prej omenjeni oporniki držijo v J stanju.

### USB 3.0

USB 3.x uporablja pocinkane bakrene kable AWG-28 z impedanco 90 omov za svoje diferencialne pare visoke hitrosti. Električno signaliziranje uporablja premikalni register z linearno povratno zvezo in kodiranje 8b/10b s taktom razpršenega spektra, poslano pri nominalnem 1 voltu s pragom sprejemnika 100 mV. Sprejemnik uporablja izravnalni trening. Glave paketov so zaščitene s CRC-16, koristni podatki pa so zaščiteni s CRC-32.

## Razredi naprav

Funkcionalnost naprav USB je določena s kodo razreda, ki je bila poslana gostitelju USB. To omogoča gostitelju, da naloži programske module za napravo in podpira nove naprave različnih proizvajalcev.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Razred | Uporaba | Opis | Primer |
| [00h](file:///C:\wiki\Hexadecimal) | naprava | Nedoločeno | Naprava ni določena, deskriptorji vmesnika se uporabijo za določanje gonilnikov |
| 01h | vmesnik | Zvok | Zvočnik, mikrofon, zvočna kartica |
| 02h | oboje | Komunikacija in upravljanje s CDC | Wi-Fi adapter, Ethernet adapter, modem – uporablja se z razredom 0Ah |
| 03h | vmesnik | Naprava za človeški vmesnik (HID) | Miška, tipkovnica, igralna palica |
| 05h | vmesnik | Naprava za fizični vmesnik (PID) |  |
| 06h | vmesnik | Slika (PTP/MTP) | Skener |
| 07h | vmesnik | Tiskalnik | Ink jet tiskalnik, laserski tiskalnik, CNC naprava |
| 08h | vmesnik | USB množično shranjevanje, UAS | USB ključek, Čitalec pomnilnih kartic, digitalni avdio predvajalnik, digitalna kamera, zunanji disk |
| 09h | naprava | USB vozlišče |  |
| 0Ah | vmesnik | CDC-podatki | Uporablja se z razredom 02h |
| 0Bh | vmesnik | Pametna kartica | USB čitalec pametnih kartic |
| 0Dh | vmesnik | Zaščita vsebine | Čitalec prstnih odtisov |
| 0Eh | vmesnik | Video | Spletna kamera |
| 0Fh | vmesnik | Osebno zdravje | Čitalec srčnega utripa |
| 10h | vmesnik | Zvok/video | Spletna kamera, televizija |
| 11h | naprava | »billboard« | Opiše alternativne USB-C načine |
| DCh | oboje | Diagnostična naprava | Naprava za testiranje skladnosti USB |
| E0h | vmesnik | Brezžični krmilnik | Bluetooth adapter, Microsoft RNDIS |
| EFh | Oboje | Ostalo |  |
| FEh | vmesnik | Specifična aplikacija |  |
| FFh | Oboje | Specifičen prodajalec | Označuje, da naprava potrebuje gonilnike, specifične za proizvajalca |

# ZAKLJUČEK

Ta seminarska je malo podrobnejši vpogled v delovanje naprav USB in njihovih standardov. Na spletu res ni veliko seminarskih o USB v slovenščini še sploh pa ne tako podrobnih. V tej seminarski sem izpustil varnostne grožnje, kompatibilnost z drugimi standardi in protokole saj te stvari niso najpomembnejše po mojem mnenju.

Viri besedila

1. *Master/slave(Technology)* 2022 [online]. Wikipedija, The Free Encyclopedia. Pridobljeno 7. 3. 2022 na spletnem naslovu: https://en.wikipedia.org/wiki/Master/slave\_(technology)
2. *USB* 2022 [online]. Wikipedija, The Free Encyclopedia. Pridobljeno 7. 3. 2022 na spletnem naslovu: https://en.wikipedia.org/wiki/USB
3. *Universal Serial Bus Specification* 2022 [online]. Universal Serial Bus Specification. Pridobljeno 7. 3. 2022 na spletnem naslovu: https://fl.hw.cz/docs/usb/usb10doc.pdf
4. *USB Hardware* 2022 [online]. Wikipedija, The Free Encyclopedia. Pridobljeno 7. 3. 2022 na spletnem naslovu: https://en.wikipedia.org/wiki/USB\_hardware
5. *USB 3.0* 2022 [online]. Wikipedija, The Free Encyclopedia. Pridobljeno 7. 3. 2022 na spletnem naslovu: https://en.wikipedia.org/wiki/USB\_3.0
6. *USB-C* 2022 [online]. Wikipedija, The Free Encyclopedia. Pridobljeno 7. 3. 2022 na spletnem naslovu: https://en.wikipedia.org/wiki/USB-C
7. *Star network* 2022 [online]. Wikipedija, The Free Encyclopedia. Pridobljeno 7. 3. 2022 na spletnem naslovu: https://en.wikipedia.org/wiki/Star\_network
8. *USB(Communications)* 2022 [online]. Wikipedija, The Free Encyclopedia. Pridobljeno 7. 3. 2022 na spletnem naslovu: https://en.wikipedia.org/wiki/USB\_(Communications)
9. *Univerzalno serijsko vodilo* 2022 [online]. Wikipedija, prosta enciklopedija. Pridobljeno 7. 3. 2022 na spletnem naslovu: https://sl.wikipedia.org/wiki/Univerzalno\_serijsko\_vodilo
10. *What is Micro USB Pinout and Types* 2022 [online]. eTechnophiles. Pridobljeno 7. 3. 2022 na spletnem naslovu: https://www.etechnophiles.com/micro-usb-pinout-features/
11. *Univerzalno serijsko vodilo* 2022 [online]. Wikipedija, prosta enciklopedija. Pridobljeno 7. 3. 2022 na spletnem naslovu: https://sl.wikipedia.org/wiki/Univerzalno\_serijsko\_vodilo
12. *What is USB-C* 2022 [online]. electronicsnotes Pridobljeno 7. 3. 2022 na spletnem naslovu: https://www.electronics-notes.com/articles/connectivity/usb-universal-serial-bus/usb-c-connector.php
13. *USB 3.2 Specification Language Usage Guidelines from USB-IF* [online]. USB-IF Pridobljeno 7. 3. 2022 na spletnem naslovu: https://www.usb.org/sites/default/files/usb\_3\_2\_language\_product\_and\_packaging\_guidelines\_final.pdf

Viri slik

1. *USB* 2022 [online]. Wikipedija, The Free Encyclopedia. Pridobljeno 7. 3. 2022 na spletnem naslovu: https://en.wikipedia.org/wiki/USB
2. *What is Micro USB Pinout and Types* 2022 [online]. eTechnophiles. Pridobljeno 7. 3. 2022 na spletnem naslovu: https://www.etechnophiles.com/micro-usb-pinout-features/
3. *USB(Communications)* 2022 [online]. Wikipedija, The Free Encyclopedia. Pridobljeno 7. 3. 2022 na spletnem naslovu: https://en.wikipedia.org/wiki/USB\_(Communications)