

Серийна шина IEEE 1394. Основни характеристики

1. Причини за създаване на IEEE 1394

Стандартът IEEE¹ 1394 (за краткост само 1394) е създаден в края на 1995 г., почти едновременно със стандарта USB (януари 1996 г.) и е негов пряк конкурент. Основен начален принос за разработването му има фирмата Apple Computer, която го създава заедно с Texas Instruments под търговската марка FireWire (букв. превод „гореща жица”). Известен е също под името i.Link на Sony. Apple замислят FireWire като сериен заместител на паралелната SCSI шина, когато се осигурява връзка с цифрово аудио и видео оборудване.

Причините за създаването му са същите, като за създаването на USB – преодоляване на недостатъците на съществуващите начини за свързване на външни периферни устройства:

- Ниска пропускателна способност;
- Ограничени хардуерни ресурси;
- Ограничен брой на свързаните устройства;
- Необходимост от преконфигуриране на системата при всяко новодобавено устройство;
- Разнообразни портове и конектори.



Основният проблем, който трябва да реши 1394 е задоволяване на високите изисквания към прехвърлянето на аудио и видео данни от съвременните мултимедийни устройства, главно цифрови видеокамери. Ключовото му предимство е изключителната бързина: започва със 100 Mb/s (срещу 12 Mb/s за USB 1.0), а съвременните стандарти поддържат скорости до 400Mb/s (1394a), 800Mb/s (1394b S800) и 3200Mb/s (1394b S3200).

2. Същност и основни характеристики на IEEE 1394

Шината Firewire (IEEE 1394) е проектирана като високоскоростна серийна шина, която може да свързва периферни устройства, изискващи голям трафик на данни като твърди дискове, аудио интерфейси и видео оборудване.

Характеристики:

- последователен (сериен) интерфейс;
- позволява равнопоставена директна връзка (peer-to-peer) между устройствата, например между скенер и принтер, без използване на системната памет или CPU. Също позволява множество хостове на една шина.
- висока скорост на предаване на данни – обикновено 100 Mb/s, 200 Mb/s, 400 Mb/s (12.5 MB/s, 25 MB/s и 50 MB/s), а в новите спецификации – 800, 3200 Mb/s;
- "горещо" включване - интерфейсът позволява устройствата да се включват и изключват при работещ компютър.
- лесно конфигуриране - plug and play спецификация
- осигурена възможност за разширение - дървовидна и верижна (daisy-chained – верига от маргаритки) топология. При дървовидната топология към едно устройство в основата на дървото се включват разклонения, които представляват логически възли, от които тръгват следващи "клони". Възможност за включване на до 63 възела в една мрежа. Във всеки възел може да се включат до 16 устройства в последователна верига (на англ. „daisy-chain” – аналогия с верига от маргаритки, при която цветчето на следващата

¹ Institute of Electrical and Electronic Engineers – Институт на електро- и електронните инженери в САЩ

маргаритка влиза в разцепения край на стеблото на предната маргаритка). Няколко мрежи могат да бъдат свързани помежду си с помощта на виртуални мостове, като са позволени до 1023 моста с над 64 хиляди възела. Подобно на SCSI, 1394 може да поддържа на една и съща шина устройства с различни скорости на предаване на данните. Повечето 1394 адаптери имат 3 възела. За разлика от USB устройствата, 1394 устройствата могат да се свързват във верига (daisy-chain) без използване на хъб, въпреки че хъбовете се препоръчват за устройства, които ще се включват „горещо”.

- тънък и удобен интерфейсен кабел – обикновено с 6 проводника (2 усукани двойки за данни и 2 проводника за захранване);
- удобен куплунг, произлязъл от куплунга на Nintendo GameBoy;
- възможност устройствата да се захранват по интерфейсия кабел – осигурява ток до 1.5 А при захранващо напрежение между 8 и 30-40 V.
- ниска стойност на необходимото оборудване

Операционните системи, които осигуряват пълна поддръжка на IEEE 1394 са: Microsoft Windows XP, FreeBSD, Linux, Apple Mac OS 8.6 до OS 9, Mac OS X, NetBSD и Haiku.

Устройствата, които може да се свързват към PC през 1394 включват основно видеокамери и редактиращо оборудване и всички форми на дискови устройства, като твърди дискове, оптични и флопидискови устройства. Също цифрови фотоапарати, лентови записващи устройства, скенери с висока разделителна способност и много други високоскоростни периферни устройства, които имат вграден 1394 интерфейс. Шината 1394 се появява в някои настолни и преносими компютри като заместител или допълнение към други високоскоростни шини, като USB или SCSI.

Некомпютърни IEEE 1394 приложения са: DV¹ конферентни устройства, сателитни аудио и видео потоци, аудио синтезатори, DVD и други високоскоростни дискови устройства.

3. Спецификации и режими на работа на IEEE 1394

Оригиналният стандарт 1394, създаден през 1995 г., е претърпял няколко изменения и допълнения. Известни са следните основни спецификации на **IEEE 1394**:

- **1394a** (чете се 1394 алфа), или както понякога се нарича 1394a-2000 (годината, през която е приет). Подобрението му спрямо 1394 решава проблеми с взаимодействието и съвместимостта. Използва същите конектори и поддържа същите скорости като оригиналния 1394: 100 Mb/s, 200 Mb/s, 400 Mb/s (12.5 MB/s, 25 MB/s и 50 MB/s);
- **1394b** (чете се 1394 бета), създаден в началото на 2003 г. Първоначално поддържа скорости на прехвърляне 800 Mb/s, но по-новите версии на стандарта поддържат скорости до 3200 Mb/s. Тези по-високи скорости са възможни понеже този стандарт може да поддържа също мрежови технологии като стъклен и пластмасов фибро-оптичен кабел и кабел „усукана двойка” категория 5. Допълнително предимство, когато се използва кабел категория 5 е, че се увеличават разстоянията и се подобрява предаването на сигнала. Стандартът 1394b е обратно съвместим с 1394a. За разлика от 1394a, който ползва кабел с 6 проводника, стандартът 1394b използва един от двата

¹ DV- Digital Video – цифрово видео

нови 9-изводни кабели и конектора. Освен по-високите скорости на прехвърляне 1394b има следните нови характеристики:

- самолекващи се затворени контури - ако неправилно се свържат устройства 1394b, за да образуват логическа бримка, интерфейсът коригира проблема вместо да се получи пропадане, както е при 1394a;
 - кодиране 8b/10b;
 - непрекъснат двоен симплекс – като се използват две двойки проводници, всяка двойка прехвърля данни към другото устройство, така че скоростта остава постоянна.
 - поддръжка на фиброоптични и CAT5 мрежови кабели и стандартни 1394a и 1394b медни кабели
 - подобро арбитражиране на сигналите за поддръжка на по-бързо изпълнение и по-големи кабелни разстояния .
 - поддръжка на кабел CAT5, независимо че той използва двойките на изводи 1-2 и 7-8 само за по-голяма надеждност. Също не изисква кръстосани кабели.
- **1394b S3200 (FireWire 3200)**, представен през декември, 2007 от Trade Association. При този стандарт скоростта се учетворява, като достига до 3.2Gb/s, използвайки кодиране 8b/10b. Тази версия използва същите кабели и конектори като на FireWire 800 и е обратно съвместим с FireWire 800 и FireWire 400. В този режим арбитражирането на шината, данните и протоколите за услугите са същите като в предишния режим S800. Поради това производителите лесно могат да преминат към него, без да се налага значително преконструиране на продуктите. Най-сериозният конкурент на FireWire S3200 е USB 3.0, който е със значително по-висока скорост (5Gb/s срещу 3.2Gbps) и доста по-голяма популярност. Поради това е вероятно FireWire 3200 да не получи широко разпространение в РС.
 - **FireWire S800T (IEEE 1394c-2006)**, публикуван на 8 юни 2007. Стандартизира нова спецификация на порт, който осигурява 800 Mb/s през Ethernet конектори 8P8C с кабел Category 5e, който е специфициран в IEEE 802.3 клауза 40 (гигабитов Ethernet през медна усукана двойка). Този порт може да се свързва както към стандартни IEEE 1394 устройства, така и към IEEE 802.3 (Ethernet) устройства.

През юни 2008 всички изменения и подобрения, обновявания и корекции на грешки са обединени в стандарта IEEE Std. 1394-2008.

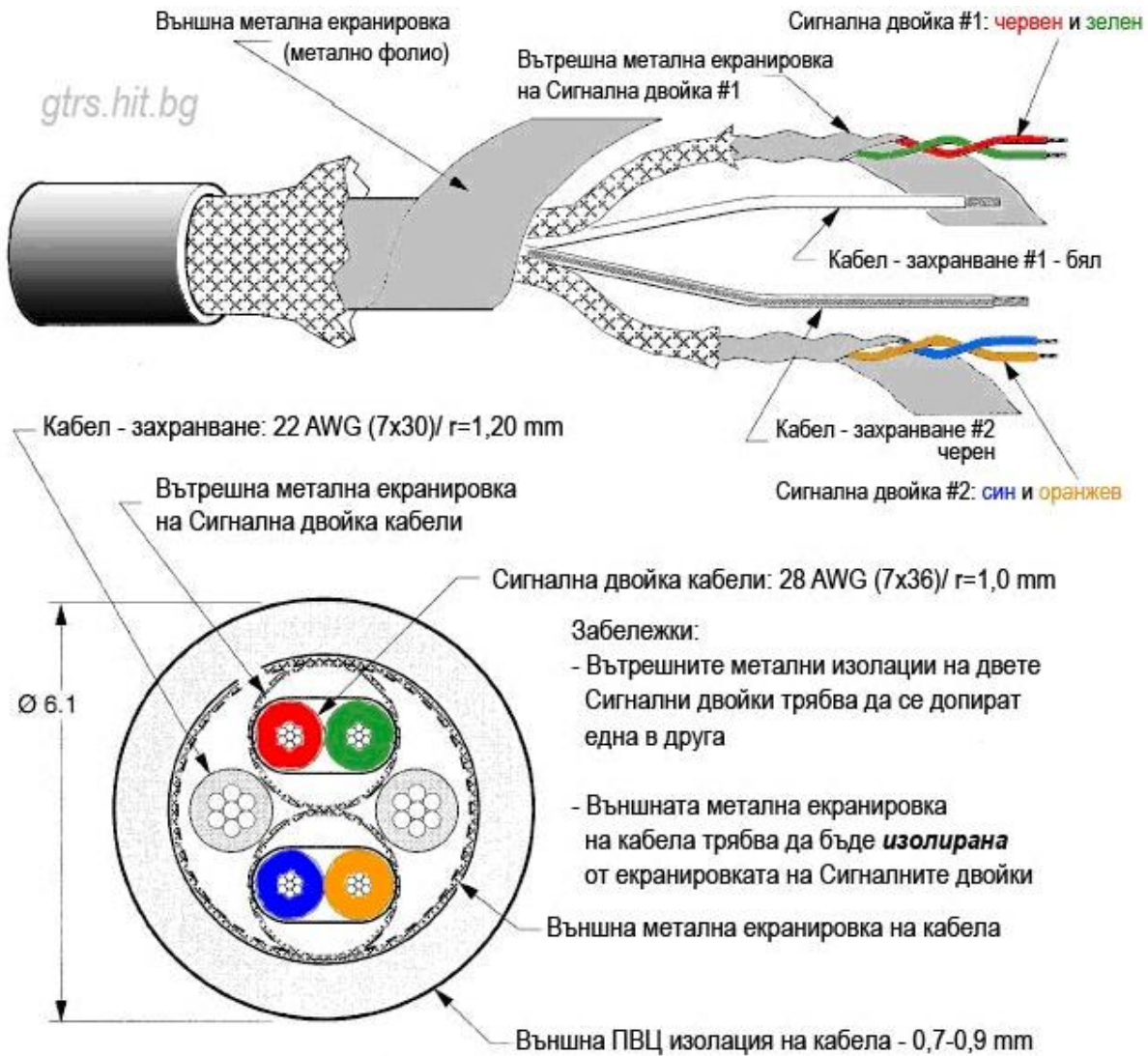


фиг. 1 Кабел и куплунг по стандарта 1394c

4. Кабели и куплунги на IEEE 1394

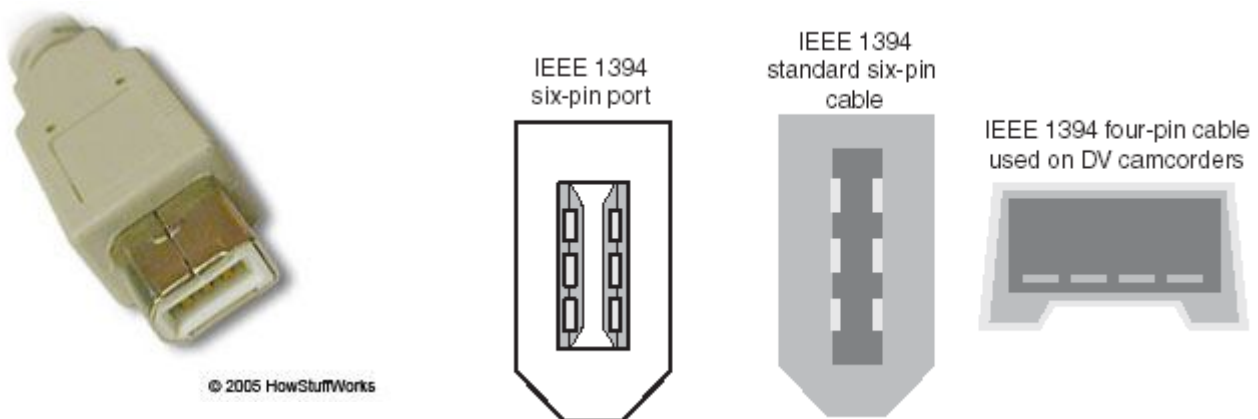
Кабелите за IEEE 1394a устройствата се състоят от 6 проводника – два броя усукани двойки за двупосочно прехвърляне на данни и 2 – за захранване (фиг. 2). Всяка отделна усукана двойка, както и кабела като цяло са екранирани.

FireWire устройствата може да са захранвани и незахранвани. FireWire позволява устройствата да се захранват от компютъра чрез тяхната връзка, като захранващите проводници могат да осигурят ток към незахранвано устройство 8 до 30 V, максимум 1.5 A. .



фиг. 2 Устройство на кабел за IEEE 1394a (<http://www.gtrs.hit.bg>)

Връзката с дънната платка се извършва посредством специално предназначения IEEE 1394a интерфейс или чрез адаптерна карта. На фиг. 3 е показан куплунг за IEEE 1394a



фиг. 3 Куплунги за IEEE 1394a – с 6 извода и 4 извода

Някои по-малки FireWire устройства (например цифровите видеокамери на SONY) използват свръхтънък 4 - проводен кабел и миниатюрни 4-изводни конектори, като се пропускат двата извода, използвани за захранване.



фиг. 4 Сравнение на кабели и портове за 1394а (отдясно) и 1394b (отляво)

Кабелите за IEEE 1394b използват конектор с 9 извода (фиг.4). Шест от тях са същите като на 1394а. Два от добавените изводи осигуряват заземен екран за да запазват останалите проводници от смущения, а третия извод засега не се използва за нищо. Тъй като 1394b е обратно съвместим с 1394а, създадени са различни адаптери, които да съдействат за комбинирането на двата стандарта на една и съща шина.

За 1394b се използват два типа портове:

- бета порт – само за 9-изводни конектори;
- двуезичен порт ("bilingual") – поддържа и двата стандарта

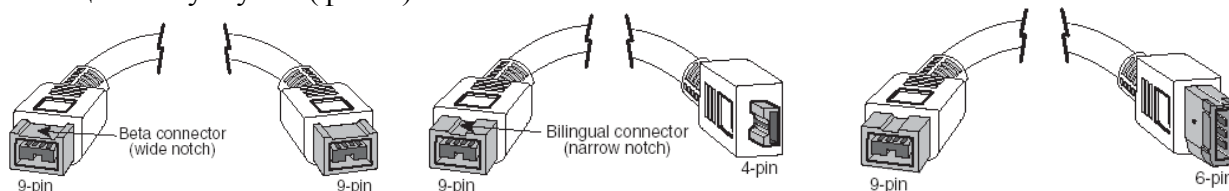
Двата типа портове и кабели имат еднакво разположение на изводите, но са с различни „ключове”: двуезичните портове имат по-тесен зъб (а кабелите съответно по-тесен прорез), докато при бета портовете и кабелите зъбът и прорезът са по-широки (фиг. 5 и 6).



а) двуезичен порт (с тесен зъб) – за бета кабели и б) бета порт (с широк зъб) – само за бета кабели 1394а

фиг. 5 Портове с 9 извода за стандарта 1394b

За връзка между различните видове портове съществуват кабели с различни комбинации от куплунги (фиг. 6)



а) кабел с два бета конектора (широк зъб) б) кабел с двуезичен конектор (тесен зъб) и 4-изводен конектор в) кабел с двуезичен конектор (тесен зъб) и 6-изводен конектор

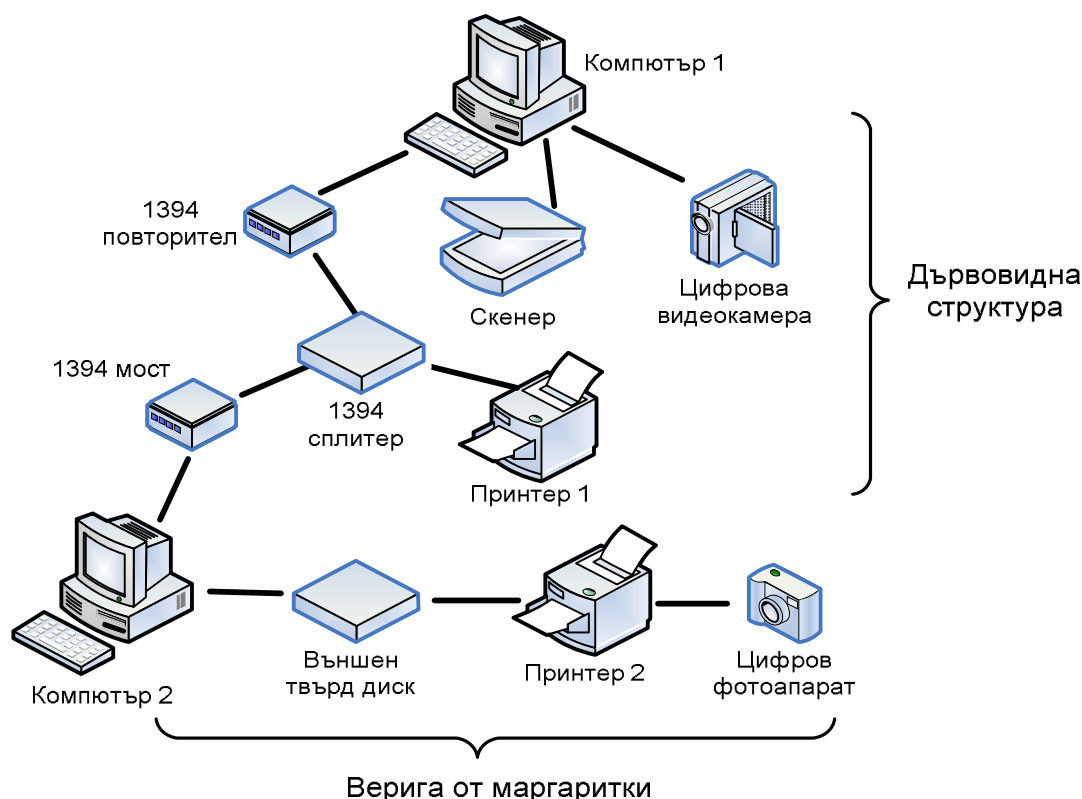
фиг. 6 Кабели за свързване на устройства с портове по различните спецификации на 1394

5. Топология на FireWire

IEEE 1394 шината има класическа "дървовидна" структура, при която към едно устройство в основата на дървото се включват "клони", които представляват логически възли, отделни устройства, от които тръгват следващи "клони" (фиг. 7). Всеки възел обикновено има три конектора, въпреки че стандартът позволява от 1 до 27 конектора на устройство. Устройството, което ще изпълнява ролята на "корен" на дървото се определя при начална инициализация и играе тази роля през цялото време, докато е включено към

шината. През това време то обикновено изпълнява и други функции, свързани с управлението работата на шината.

До 16 възела могат да бъдат свързани последователно във „верига от маргаритки” със стандартни кабели до 4.5 м (фиг. 6).



фиг. 7 Топология на FireWire

Според спецификациите, една IEEE 1394 мрежа може да включва до 63 устройства. Няколко мрежи могат да бъдат свързани помежду си с помощта на виртуални мостове. Максималният брой на свързаните шини в системата е фиксиран на 1023, а теоретичният брой на възлите общо във всички мрежи е над 64 хиляди.

6. Предаване на данни. Протокол на стандарта IEEE1394

FireWire използва 64-битово фиксирано адресиране, базирано на стандарта IEEE 1212. Всеки пакет информация, изпращан от устройствата по FireWire съдържа три части:

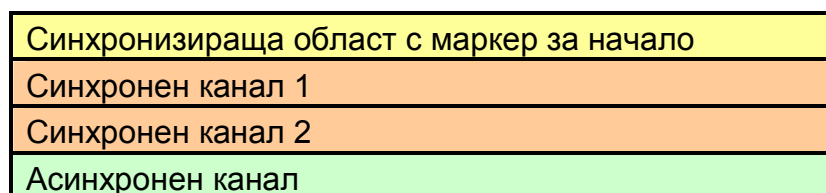
- 10-битов **идентификатор на шината**, който показва от коя FireWire шина идва информацията;
- 6-битов **физически идентификатор**, който показва кое устройство от шината изпраща данните;
- 48-битова **област на съхраняване**, която е в състояние да адресира 256 терабайта информация за всеки възел

Двата идентификатора – на шината и на устройството заедно образуват 16-битов адрес на възела, което означава, че в системата теоретично са възможни $1023 \text{ шини} \times 63 \text{ възела} = 64449$ хил. възела.

Интерфейсът позволява да се осъществяват два вида предаване на данни: синхронно и асинхронно.

- **Синхронно (изохронно).** Този метод гарантира предаването на постоянен поток данни в реално време, което е особено важно при мултимедийните приложения. Използва се гарантирана честотна лента без корекция на грешките. Устройството-изпращач изпраща заявка за резервиране на синхронен канал, пакетира данните заедно с идентификатора им и ги изпраща. Получателят проверява идентификатора на данните и приема само определените за него данни. Броят на каналите (както и честотната лента) за всеки един от каналите се определят от потребителският софтуер, като максималната бройка синхронни канали не може да надхвърля 64.
- **Асинхронно.** Получателят трябва да потвърди получаването на предадените към него данни. При асинхронен пренос, в пакета, освен самите данни се интегрират адресите (идентификаторите) на устройството-изпращач и устройството-приемник. След получаването на предназначения за него пакет, устройството-приемник генерира отговор към устройството-изпращач, потвърждаващ приемането на пакета с данни. Устройството-изпращач може да извърши изпращането на максимално 64 пакета без да изчаква потвърждаващият приемането отговор, което се прави с цел подобряването на производителността. В случай, че някой пакет не е бил получен коректно от устройството-приемник (и не е бил генериран съответният отговор от него), пакетът се изпраща отново.

Кадрите, съдържащи синхронни и асинхронни канали имат дължина 125 микросекунди и могат да съдържат един или няколко синхронни канала, като в самото начало се разполага синхронизираща област, в която се разполага маркерът за начало на кадъра. На илюстрацията е показана структурата на кадър, състоящ се от два синхронни канала, разположени след маркера за начало, и един асинхронен канал, заемащ останалото време в кадъра (фиг. 8).



фиг. 8 Примерна структура на кадър

Протоколът на IEEE1394 реализира трите основни нива на еталонния модел OSI на Международната организация по стандартизация: физическо, канално и мрежово (фиг. 9).

- **физически** - на физическо ниво се осъществява предаването и получаването на данни, проверява се състоянието на връзката, нивото на сигнала, кодирането/декодирането на данните, синхронизирането им, изпълняват се арбитражни функции - за това всички устройства, включени във веригата на FireWire да имат еднакви права за достъп;

- **канален** - на това ниво се обезпечават надеждно предаване на данните чрез физически канал. Осъществява се обслужването на двата типа пакети - синхронен и асинхронен;

- **мрежов** - на мрежово ниво се извършва маршрутизиране на данните, обменяни между устройствата изпращач и приемник, на това ниво се поддържа асинхронен протокол за запис, четене и блокиране на данните.



фиг. 9 Нива на протокола на IEEE1394

"Мениджърът на шината" (фиг. 9) обезпечава конфигурирането и общото управление на шината. Той има достъп до всички нива и изпълнява следните функции:

- определяне на водещото устройство (корена) в дървото;
- присвояване идентификатора на синхронния канал;
- оптимизация на арбитражната синхронизация;
- управление на потреблението на електрическата енергия на устройствата, включени в шината;
- извеждане на информация за възникналите грешки при трансфера на данните и др.

7. Сравнение с USB

Шината Firewire (IEEE 1394) е проектирана като високоскоростна серийна шина, която може да свързва периферни устройства, изискващи голям трафик на данни като твърди дискове, аудио интерфейси и видео оборудване. USB първоначално работи с много по-ниска пропускателна способност и е предназначена за по-прости и бавни устройства. Впоследствие, с въвеждането на USB 2.0 тази разлика става незначителна, а USB 3.0 превъзхожда най-бързите Firewire устройства.

Както се вижда от сравнителната таблица, USB и Firewire са доста близки по своите характеристики. Като оставим настрана скоростите, най-голямата разлика между двете шини е, че USB 2.0 е хост-базирана, което означава че устройствата трябва да се свържат през компютър, за да комуникират, а Firewire е с равноправен достъп, което означава, че две FireWire камери могат да обменят информация, без тя да минава през компютър.

Използването на USB е малко по-евтино от Firewire¹, което е довело до приемането на USB като стандарт за свързване на повечето периферни устройства.

¹ Една от причините за по-високата цена е таксата от 25 цента, която трябва да плащат на Apple производителите за всяка система, използваща Firewire

Табл. 1 Сравнение на характеристиките на USB и Firewire

Характеристика	USB	IEEE 1394 (Firewire)
Вид шина	серийна	серийна
Пропускателна способност	<ul style="list-style-type: none"> • 12 Mbit/s – USB 1.1 • 480 Mbit/s - USB 2.0 • 5 Gbit/s - USB 3.0 	1394a - 100 Mb/s, 200 Mb/s, 400 Mb/s (12.5 MB/s, 25 MB/s и 50 MB/s), а в новите спецификации 1394b– 800, 3200 Mb/s
Топология	Хъбова звездовидно-йерархична (tiered-star топология) – до 127 устройства	Дървовидна топология – до 63 възела в мрежа; във всеки възел – до 16 устройства по верижна (daisy-chained) топология
Максимална дължина на кабела между 2 устройства	5 м	4,5 м
Работа с изохронни устройства	Да	Да
Комуникация на устройствата	Хост базирана USB 1.0, 1.1 и 2.0 използват протокол „говори, когато ти говориш” – устройствата не могат да комуникират с хоста, ако хостът не изисква комуникация. При USB 3.0 е планирано устройствата да предизвикват комуникация	Равноправен достъп Устройствата могат да комуникират с всеки друг възел по всяко време, по правилата на мрежата
Управление на мрежата	единствено от хоста на върха на дървото, т. нар. root hub	от всеки възел, който има такава способност
Plug and play	да	да
Горещо включване и гореща замяна	да	да
подаване ток на устройства без собствено захранване	до 500 mA при напрежение 5 V	до 1.5 A при захранващо напрежение между 8 и 30-40 V.

Литература:

1. Дембовски, Клаус. PC Сервизен справочник. т.3 Интерфейси и системни шини. С., Техника, 2001.
2. Мюлер, Скот. Компютърна енциклопедия. 14-то издание. С., СофтПрес, 2002.
3. Mueller, Scott Upgrading and Repairing Pcs, 19th Edition. USA, Que, 2009.
4. Колектив на GTRS. Интерфейсът IEEE 1394 – FireWire. <http://www.gtrs.hit.bg/spravochnik%20--%201394.html>
5. Колектив на Computer Experts Group. Интерфейс IEEE 1394 FireWire. <http://comexgroup.com/technologies/firewire.htm>