



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH
TECHNOLOGIÍ

ÚSTAV TELEKOMUNIKACÍ

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
DEPARTMENT OF TELECOMMUNICATIONS

VÝZKUM VHODNOSTI RŮZNÝCH APLIKACÍ MULTIMEDIÁLNÍ KABELÁŽE

RESEARCH INTO THE APPROPRIATENESS OF DIVERSE MULTIMEDIA CABLING
APPLICATIONS

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. ONDŘEJ TICHÝ

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. VLADISLAV ŠKORPIL, CSc.

BRNO 2008

Anotace

V této práci se může čtenář seznámit se shrnutím kompletního vývoje v oblasti metalické strukturované kabeláže. To znamená, že je popsán vývoj kabeláže, normy, které je třeba při instalování kabeláže splnit. Dále jsou zde uvedeny veškeré typy kabeláží a některých konektorů. Jednotlivé druhy kabeláží jsou v závěru této části stručně shrnuty v tabulce. V další části jsou pak představeny některé aplikace, jež mohou být provozované na strukturované kabeláži. Následující část podrobně popisuje testy, které jsou prováděny pro to, aby daná kabeláž splňovala normy na ni kladené.

Nejdůležitější část této práce pak představují samotné testy. Nejprve byly vybrání zástupci jednotlivých druhů kabelů. Byl vybrán: standardní datový kabel (Kategorie 6), kabel S/STP a kabel MediaTwist. Tyto testované kabely podstoupily standardní testy, které jsou zmíněny výše, a jejich výsledek je uveden na přiloženém CD.

V poslední části již následují vlastní testy vhodnosti jednotlivých kabelů pro multimediální přenosy. Záměrně byly vybírány různé testy, které se běžně neprovádí, ale na druhé straně tyto testy představují možnosti, ve kterých by se takové kabely mohly použít. Proto mohou být zajímavé minimálně pro osoby, které s těmito kabely přichází do styku. Cílem této práce tedy bylo zjistit různé parametry, vzájemně je porovnat a vyvodit z nich závěr, který z daných kabelů je pro tento účel nejvhodnější.

Po provedení těchto testů vyplynul jednoznačný závěr. Jako nejvhodnějším typem kabelu pro tyto účely je kabel MediaTwist, protože i na velké vzdálenosti dokáže multimediální signál přenést tak, že je ho možné na výstupu správně vyhodnotit a dále zpracovávat. Podrobnější informace nejen o tomto kabelu a testech lze nalézt v této práci, proto pokud Vás toto téma zajímá, pokračujte v četbě.

Klíčová slova:

Strukturovaná kabeláž, popis, aplikace, multimediální signál, testování.

Abstract

The reader can find a summary of metallic structured cabling in this thesis. It means, there is described progress of this cabling and the specifications of the cabling systems. There are also described all types of these cables and some of connectors. The types of cable are summed in the table at the end of this part. In another part there are shown some applications used for structured cabling. In the further part there are described tests defined in the specifications in more detail.

The most important part of this thesis is focused on various tests. Firstly, there were chosen typical representative of the cables. It was: the data cable (Category 6), S/STP and MediaTwist cable. These cables were underwent the standard tests described above and their results are appended on the attached CD.

In the last part of this thesis there are intrinsic tests of fitness cables to the multimedia signal. Of course, the tests were chosen to measure cable to obtain the most suitable type of cable. However, these tests were not standard measurement. There were simulated occasions from the practise. The goals of this thesis were to achieve the results, to compare them between each other and to make a decision, which cable is the most suitable for the multimedia signal. Definitely, this thesis should be sufficient at least for people who keep track of structured cabling.

Eventually, the clear decision was made from these testings. MediaTwist cable is the most suitable type for the multimedia signal, because the signal is being recognized correctly in almost every case even if the long length. The result from the testings in more detail can be found at the very end of this thesis. So, if you are interested, please, continue in reading.

Keywords:

Structured cabling, description, applications, multimedia signal, testing.

Prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci na téma "Výzkum vhodnosti různých aplikací multimediální kabeláže" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této diplomové práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení §152 trestního zákona č. 140/1961 Sb.“

V Brně dne 16. května 2008

Ondřej Tichý

Poděkování

Děkuji Ing. Petru Sedlákoví, za velmi užitečnou metodickou pomoc, zapůjčení všech potřebných součástek měření a cenné rady při zpracování diplomové práce. Dále děkuji Ing. Tomáši Kratochvílovi, Ph.D. za umožnění vstupu do laboratoře s měřicími přístroji a Doc. Ing. Vladislavu Škorpilovi, CSc. za vypsání tohoto tématu.

V Brně dne 16. května 2008

Ondřej Tichý

Seznam použitých zkratek

ACR	Attenuation to Crosstalk Ratio, Odstup přeslechu na blízkém konci	Mbps	Mega bit per second, Mega bitů za sekundu
ANSI	American National Standards Institute	MHz	Mega Hertz
AWG	American Wire Gauge	MPEG	Moving Picture Experts Group
Balun	BALanced to UNbalanced cable, transformační zařízení	NEXT	Přeslech na blízkém konci
BD	Building distributor, rozvodný uzel budovy	OFDM	Orthogonal frequency-division multiplexing
BER	Bitová chybovost (Bit Error Rate)	PAM-5	5 stavová pulzní amplitudová modulace
BRR	Bit Rate Reduction	POTS	Plain Office Telephone Service
BUS	sběrnice	PSACR	Výkonový součet ACR
CATV	Cable TV, Community Antenna Television	PSELFEXT	Výkonový součet ELFEXT
CD	Campus distributor, rozvodný uzel areálu	PSNEXT	Výkonový součet NEXT
CENELEC	Evropský výbor pro normalizaci v elektrotechnice	PTZ	Pan Tilt Zoom, ovládání zoomu kamery
CP	Consolidation point, konsolidační bod	RCA	Radio Corporation of America
CCTP	Closed Circuit over Twisted Pair	RGB	Red Green Blue
ČSN EN	České technické normy, Evropské normy	RGBHV	red-green-blue-horizontal sync-vertical sync
D-SUB	D-Subminiature	S/UTP	Screened Unshielded Twisted Pair
dB	Decibel	S/STP	Screened Shielded Twisted Pair
DVB-T	Digital Video Broadcasting - Terrestrial	SAN	Storage Area Network
ELFEXT	Equal Level Far End Cross Talk	SNR	Odstup signál od šumu (Signal to Noise Ratio)
EMC	Elektromagnetická kompatibilita	STP	Shielded Twisted Pair
FCC	Federal Communications Commission	SVGA	Super Video Graphics Array
FD	Floor distributor, rozvodný uzel podlaží	TIA/EIA	Telecommunication Industry Association/ Electronic Industries Alliance
FEXT	Přeslech na vzdáleném konci	TO	Telecommunications outlet, telekomunikační vývod
FTP	Foiled Twisted Pair, Fully shielded Twisted Pair	TP	Twisted pair
Gbps	Giga bit per second, přenosová rychlost Giga bitů za sekundu	TRS	Tip, Ring, and Sleeve
GE	Giga bit Ethernet	TV	televize
GND	ground	UPS	záložní baterie
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers, Institut pro elektrotechnické a elektronické inženýrství	UTP	Unshielded Twisted Pair
ISO/IEC	International Organization for Standardization/International Electrotechnical Commission	8P8C	8 Pins, 8 Conductors

Obsah

1.	Úvod	2
2.	Strukturovaná kabeláž	3
3.	Historie strukturované kabeláže	6
4.	Normy strukturované kabeláže.....	6
5.	Princip strukturované kabeláže.....	10
6.	Struktura kabelážního systému.....	11
7.	Dělení strukturované kabeláže dle kategorií	14
8.	Dělení kabelů strukturované kabeláže.....	16
9.	Komponenty strukturované kabeláže	19
10.	Aplikace multimediálních kabelážních systémů strukturované kabeláže	26
11.	Testované parametry strukturované kabeláže.....	30
12.	Testy strukturované kabeláže	40
13.	Závěr.....	69
14.	Seznam obrázků	71
15.	Seznam tabulek.....	73
16.	Literatura	74
17.	Seznam příloh na CD	76

1. Úvod

V posledních letech se stává stále populárnější používání bezdrátové technologie. Přístupové body přibývají závratným tempem a již dnes se podstatná část komerčních prostor bez pokrytí bezdrátovou sítí neobejde. Bezdrátová technologie má však limity, které se velmi rychle přibližují, protože pro přenos dat je jako přenosové médium využíván vzduch. Aby byla zajištěna plná funkčnost takové sítě, musí být určité procento dosahu překryto z jiného přístupového bodu. Pokud je v oblasti více sítí, musí se tak do stejného frekvenčního pásma vtěsnat mnohem více nosných frekvencí a tím postupně klesá propustnost, tedy přenosová rychlost. Nehledě na to, že taková síť je velice snadno nabouratelná. Proto prozíravější lidé, kteří chtějí mít bezpečnou datovou síť, nedají na strukturovaný kabelážní systém dopustit.

Strukturovaná kabeláž je univerzální systém, představuje určité fyzické médium mezi prvky v síti, které si potřebují vyměňovat data. Jeho správná funkčnost je pro jeho vlastníka stejně tak důležitá, jako fungování elektrických rozvodů a dalších prvků infrastruktury. Aby nevznikal chaos při její realizaci, je ošetřena příslušnými normami, které se musí dodržovat.

Z dlouhodobých statistik lze zjistit, že náklady na realizaci vlastní strukturované kabeláže představují zhruba 3 až 5 % z celkového rozpočtu na komunikační systém, navíc při nesprávné instalaci tvoří až 70 % všech selhání právě kabeláž. Přesto by se právě tato část neměla podcenit. Na strukturovanou kabeláž je třeba se dívat jako na investici do budoucna, a tak je nutno vážit, jaké parametry má navrhovaný systém mít, aby vyhověl i budoucím potřebám. Kabelážní systém je realizován jednou, maximálně dvakrát za životnost vlastní budovy, proto není doporučováno volit kabeláž, která je sice relativně levná, ale zcela nevhodná pro budoucí použití. Ovšem uvést jednoduchý návod, jak postupovat, není vůbec snadné, protože vývoj v této oblasti pokračuje každým rokem mílovými kroky.

2. Strukturovaná kabeláž

Strukturovaná kabeláž tvoří základní prvek infrastruktury počítačové sítě, ve které jsou všechny komponenty této sítě fyzicky pospojovány a jsou po ní posílána data. Takovéto řešení sítě je pak nazýváno: „pasivní část počítačové sítě“. Strukturovaná kabeláž je prakticky tvořena kabelovým systémem s příslušným zakončením. Na pasivní část systému je připojena část aktivní, pomocí které lze posílat a přijímat nejenom data mezi jednotlivými koncovými zařízeními, ale je možné ji též využít i pro telefonní rozvody. V poslední době se stále více pomocí strukturované kabeláže realizují i multimediální přenosy, jako je například broadcastové šíření televizního vysílání po budově.

Podle toho, jaké médium je využito pro fyzické spojení dvou bodů v síti, lze strukturovanou kabeláž dělit na dvě základní formy. Tedy strukturovaná kabeláž využívající:

- optické médium,
- metalické médium.

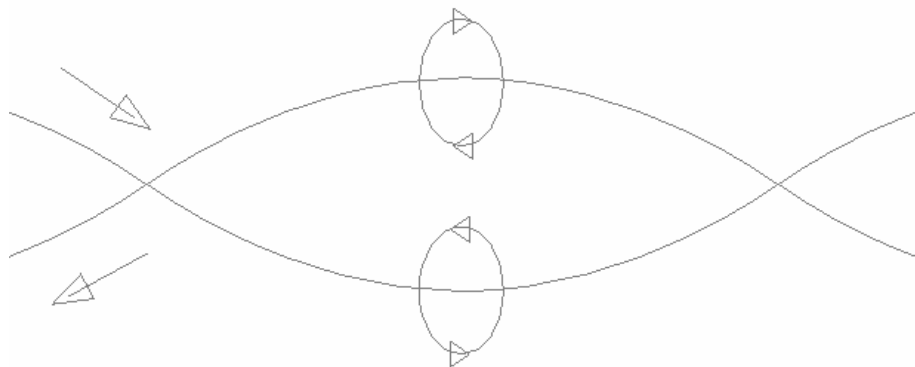
Optické médium se v současné době používá hlavně v páteřních sítích. Přenos informace po optickém kabelu je realizován pomocí světelného paprsku, který je, z principu šíření světla, velmi rychlý. Optický kabel nevyzařuje žádné záření, proto ho nelze odposlouchávat a ani signál šířený tímto médiem není ovlivňován vnějším zářením (například elektromagnetickým). Díky této vlastnosti lze instalovat optický kabel společně se silovými vodiči. Dále se využívá v případech, kdy je třeba daný obvod galvanicky oddělit od zbytku sítě. Určité problémy však nastávají s vybočením signálu nebo připojení signálu uprostřed přenosové trasy. Optický kabel je velmi lehký a díky tomu se snadno instaluje. Jeho nevýhoda ovšem spočívá v tom, že je velmi křehký a slabý v tahu. Je to zapříčiněno tím, že jeho jádro (tedy to, v čem je šířen signál) tvoří sklo nebo plast. I přes jednoznačné výhody, které optický kabel nabízí, není téměř využíván pro tzv. domácí rozvody. Není to zapříčiněno jeho cenou, která sice je vyšší než u běžného metalického kabelu (a i ta s postupem času stále klesá), ale hlavní příčinou je vysoká cena aktivních prvků, které světelný signál optického kabelu zpracovávají. Vzhledem k tomu, že je tato práce zaměřena na jiné téma, opustíme problematiku optických sítí i přes to, že tento obor je velmi perspektivní a stál by za samostatnou diplomovou prací.

Metalické médium je historicky starší, ale v současnosti stále mnohem více používané. Základem přenosu informace po metalickém kabelu je šíření elektrického signálu z místa vzniku k místu jeho spotřeby. Metalické médium je možno dále dělit na:

- symetrické vedení (kroucený pár),
- nesymetrické vedení (koaxiální kabely).

V prvopočátcích počítačových sítí bylo využíváno nesymetrické vedení představované koaxiálním kabelem. Ten se převážně zapojoval do topologie BUS (sběrnice). Koaxiální kabel má velkou šířku pásma (řádově až jednotky gigahertz), pro větší dosah lze však v praxi využít podstatně nižší šířku pásma. V závislosti na daném kabelu se jeho jmenovitá impedance pohybuje v rozmezí 50 – 100 Ω .

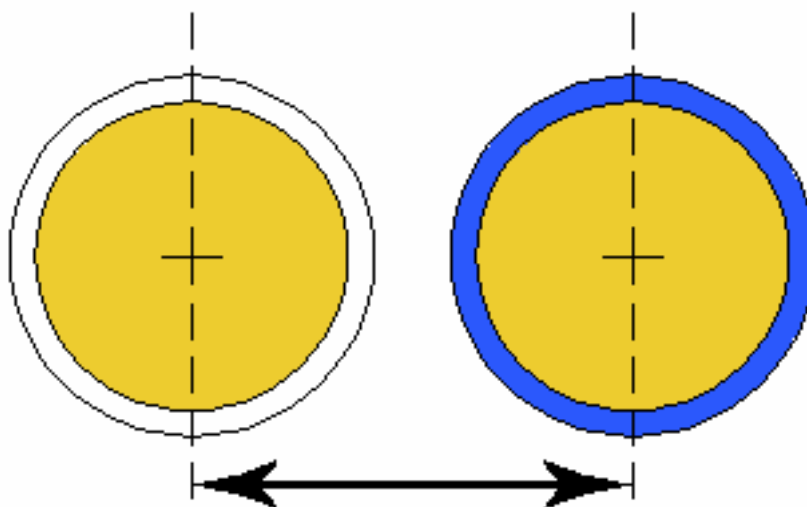
Podstatně novějším typem je kroucený pár tzv. Twisted pair (TP) a vzhledem k velkému rozmachu tohoto typu kabelu je další část této práce zaměřena především na něj. Tento typ je tvořen dvěma izolovanými vodiči, které jsou pravidelně spletené po celé délce vodiče. TP je založen na metodě Potlačení (Cancelation). Tato metoda využívá poznatku, že při toku elektronů vodičem se okolo tohoto vodiče vytváří magnetické pole. Pokud jsou dva vodiče, které jsou součástí stejného elektrického okruhu, dostatečně blízko u sebe, jejich magnetická pole působí proti sobě, tím se tato rušení vzájemně potlačí. Kroucením párů (tzv. twistováním) je výše popsáný efekt ještě zesílen, proto tedy tento typ kabelu méně vyzařuje do okolí. Princip je zobrazen na Obrázek 1. TP je dále dělen, viz kapitola „Dělení strukturované kabeláže“. Jmenovitá impedance symetrické kabeláže je 100 Ω .



Obrázek 1, TP.

Nejdůležitějším parametrem při použití krouceného páru je jeho symetrie, viz Obrázek 2. Symetrie představuje vzdálenost os obou vodičů. Každý kabel vykazuje určitou nesymetrii, protože ta vzniká již při výrobě. Je prakticky nemožné vyrobit kabel, který by měl po celé délce symetrii konstantní. Dalším možným místem vzniku nesymetrie představují místa v konektoru, ostrý ohyb a další mechanické namáhání kabelu. Proto výrobci kabelů vynalezli technologii svařeného páru, který tyto negativní vlivy do značné míry omezuje, protože oba vodiče jsou k sobě pevně fixovány a díky tomu jsou omezeny velké výkyvy v symetrii. Samozřejmostí však také musí být, aby byla kabeláž správně

instalovaná, to například znamená, že pár nesmí být v místě konektoru rozpleten víc, než je nutné. Takovýto kabel pak lépe odolává rušení a také méně vyzařuje do okolí.



Obrázek 2, symetrie.

Symetrie je rozhodujícím faktorem pro podélnou stabilitu impedance vedení. To je hlavní parametr, který má vliv na všechny ostatní přenosové parametry. Tabulka 1 ukazuje, jakým způsobem se podélná stabilita impedance vedení určí pro jednotlivé typy kabeláže, více zde [20].

Impedance	Vzorec [Ω]
Nestíněného páru	$Z_0 = \frac{276}{\sqrt{\epsilon}} \times \lg \frac{D}{d}$, (1).
Stíněného páru	$Z_0 = \frac{276}{\sqrt{\epsilon}} \times \lg \frac{D}{d} \times \sqrt{1 + \left(\frac{D}{2h}\right)^2}$, (2).

Tabulka 1, výpočet impedance.

Kde:

Z_0 jmenovitá impedance,

ϵ dielektrická konstanta (pro vzduch =1),

d průměr vodiče,

h vzdálenost osy páru od stínění.

D vzdálenost os vodičů v páru,

3. Historie strukturované kabeláže

Historie strukturované kabeláže se začala psát s rozvojem počítačů a na časové ose by se dala zařadit do 80. let dvacátého století. V té době fungovaly všechny počítače v režimu terminál / host. Tento způsob práce je nazýván centralizovaný. To znamená, že veškerá data i aplikace jsou uložena centrálně na hostitelském počítači a uživatelské stanice, tzv. terminály, se tak stávají pouze „prodlouženou rukou“ daného hostitelského počítače. A právě tuto prodlouženou ruku představovala v tomto případě předchůdkyně strukturované kabeláže.

Éra centralizovaného způsobu komunikace začala být na ústupu od roku 1981, kdy společnost IBM uvedla na trh vůbec první osobní počítač. Tento nový typ počítače byl, na rozdíl od terminálového, vybaven vlastní lokální pamětí a vstupně / výstupními porty k připojení periférií. Díky tomu mohl vzniknout nový způsob práce, tzv. decentralizovaný. Každý počítač tak mohl mít vlastní aplikaci i data. Decentralizovaný model ovšem přinesl složitou vzájemnou spolupráci uživatelů (například aby si navzájem mohli přistupovat k datům). Bylo tedy nezbytné vymyslet způsob, jakým by bylo možné vzájemně propojit stále přibývajících osobní počítače, a tak zajistit, stejně jako dříve v centralizovaných systémech, sdílení souborů, aplikací a drahých periférií.

V prvopočátku vzniklo několik řešení od různých výrobců. Ovšem, jak už to bývá, každý si razil vlastní cestu, a proto jednotlivé systémy byly vzájemně nekompatibilní. Jediným možným řešením tak bylo navrhnutí univerzálního systému, na kterém by se shodli všichni výrobci. Tak se také stalo a díky tomu byly stanoveny doporučující standardy, které definují elektrické a fyzické vlastnosti kabelů i spojovacích komponent.

4. Normy strukturované kabeláže

Jak již bylo naznačeno výše, normy jsou velmi důležité, protože jinak by mohl každý výrobce uvádět na trh vzájemně nekompatibilní systémy. V případě, kdy by bylo potřeba kombinovat takové systémy různých výrobců, mohlo by se stát, že z mnoha důvodů by se to nemuselo podařit. Proto jsou strukturované kabeláže budovány na základě norem a doporučení. Na začátku této části je třeba podotknout, že existují celkem tři balíky norem zabývajících se problematikou strukturované kabeláže. Evropské (platné na území Evropy), americké (platné na území USA) a mezinárodní (platné všude na světě). Jak se jednotlivé normy překrývají, je nalezení toho, která norma pokrývá daný problém, v řadě případů poměrně komplikované. V této problematice tedy panuje velký zmatek a bylo by dobré, kdyby platily jednotné normy pro celý svět.

- Americké normy

První normy se objevily na počátku 90. let dvacátého století ve Spojených státech amerických z důvodu nutnosti univerzálního systémového řešení. Proto požádala americká státní instituce ANSI (American National Standards Institute) organizace TIA (Telecommunications Industry Association) a EIA (Electronic Industries Alliance) o návrh jednotného standardu pro kabelážní systémy. Jako nejvhodnější řešení se jevila možnost postavit nový standard kabelážního systému na systému americké telekomunikační společnosti AT&T, která pro přenos dat využívala již existujících telefonních rozvodů. Tyto rozvody měly hvězdicovou topologii a jako přenosové médium používaly kroucený pár. Výsledkem práce komise tedy byla první norma pro strukturovanou kabeláž, která byla uveřejněna v červenci roku 1991 s označením ANSI/TIA/EIA 568 a společně s technickými bulletinů TSB-36 a TSB-40 vydanými později definovala základní přenosové požadavky Kategorie 3, 4 a 5, viz dále.

- Mezinárodní normy

Mezinárodní normy jsou označovány zkratkou ISO (International Organization for Standardization). V současnosti je v platnosti norma ISO/IEC-11801. Tato norma je založena na standardu americké normy ANSI/TIA/EIA-568, kdy ji v podstatě celou přebírá.

- Evropské normy

V Evropě existuje skupina CENELEC (Evropský výbor pro normalizaci v elektrotechnice), což je organizace, ve které jsou zastoupeny následující země: Belgie, Česká republika, Dánsko, Finsko, Francie, Irsko, Island, Itálie, Lucembursko, Maďarsko, Malta, Německo, Nizozemsko, Norsko, Portugalsko, Rakousko, Řecko, Slovensko, Spojené království, Španělsko, Švédsko a Švýcarsko. Všechny výše uvedené země mají za povinnost přijmout normy, které si schválí, za své národní, a přesně plnit podmínky, které jsou v těchto normách stanoveny bez jakýchkoliv modifikací. Takovéto normy jsou vyhotoveny ve třech oficiálních verzích: anglické, francouzské a německé. Do ostatních jazyků jsou překládány jednotlivými členy skupiny a ti zodpovídají za obsah a mají status oficiální verze.

V současnosti v platná evropská norma má označení EN 50173–1, viz [1]. Byla schválena skupinou CENELEC 01. 11. 2002. V platnost tato norma vstoupila 01. 11. 2003 a nahradila tak dosavadní normy EN 50173:1995 a EN 50173:1995/A1:2000. Norma byla vypracována v technické komisi CENELEC/TC 215 a má za cíl normalizovat:

- strukturu a konfiguraci univerzální kabeláže,
- požadavky na vlastnosti kabeláže,
- realizační možnosti.

Dále specifikuje univerzální kabeláž pro použití v areálech, které mohou obsahovat jednu nebo několik budov na pozemku. Požadavky na bezpečnost (elektrickou bezpečnost a ochranu, požár atd.) a elektromagnetickou kompatibilitu (EMC) nejsou touto normou řešeny. Tato norma zahrnuje jak metalické, tak i optické vedení.

Z prvního odstavce této kapitoly tedy vyplývá, že evropská norma EN 50173–1 byla přijata za naši národní normu a její označení je: ČSN EN 50173–1. Jak se v ní lze dočíst, tato norma poskytuje:

- uživatelům použití univerzálního kabelážního systému nezávislého na aplikaci a otevřený trh s kabelážními prvky,
- uživatelům použití flexibilního kabelážního systému tak, aby změny byly snadné a hospodárné,
- stavebním odborníkům (např. architektům) směrnice, které umožňují návrh kabeláže dříve, než jsou známy specifické požadavky, tj. již při počátečním plánování stavby nebo rekonstrukci,
- průmyslu a normalizačním organizacím použití kabelážního systému, který podporuje současné výrobky a poskytuje základnu pro příští vývoj výrobků a standardizaci aplikací.

Kromě normy ČSN EN 50173–1 jsou v platnosti i normy ČSN EN 50174–1, ČSN EN 50174–2 a ČSN EN 50174–3. Norma ČSN EN 50174–1 definuje specifikaci a zabezpečení kvality provedení kabelových rozvodů. To znamená, že se zabývá hledisky specifikací, zavedení a provozu těchto rozvodů. Norma ČSN EN 50174–2 definuje parametry pro samotnou realizaci kabeláže v budovách (definuje například vzdálenosti mezi telekomunikačními a silovými vodiči) a norma ČSN EN 50174–3 se též zaměřuje na realizaci s tím rozdílem, že se tato norma zaměřuje na prostředí mimo budovy.

Součástí těchto norem jsou i přílohy, některé jsou označeny jako „normativní“, tedy jsou součástí této normy a musí být plněny (např. Meze vlastností spoje) a dále přílohy označené jako „informativní“, ty jsou určeny pouze pro informaci (např. Podporované aplikace). Norma předpokládá, že univerzální kabelážní systém, který splňuje minimální požadavky, bude mít životnost delší než 10 let.

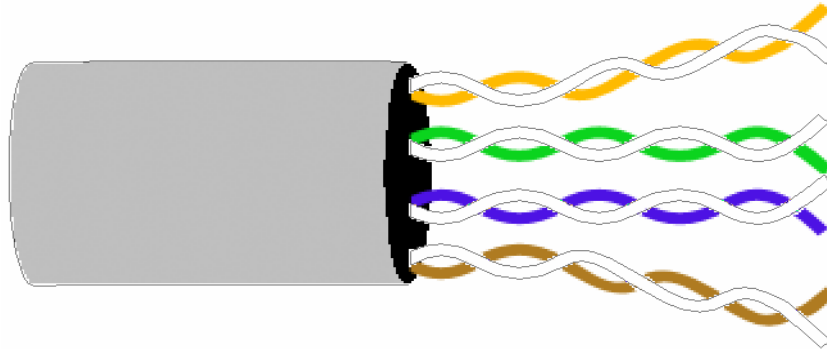
Další část textu se bude vztahovat právě k normám typu ČSN EN, protože to jsou naše základní normy, které musíme dodržovat. Následující tabulka shrnuje výše popsané normy společně s dalšími důležitými právními úpravami zabývajícími se datovými kabelážemi.

ČSN EN 50173-1	Univerzální kabelážní systémy.
ČSN EN 50174-1	Instalace kabelových rozvodů (specifikace a zabezpečení kvality).
ČSN EN 50174-2	Instalace kabelových rozvodů (plánování a postupy instalace v budovách).
ČSN EN 50174-3	Instalace kabelových rozvodů (projektová příprava a výstavba vně budov).
EN 50167	Rámcová specifikace pro kabely podlaží se společným stíněním.
EN 50168	Rámcová specifikace pro kabely připojení přístrojů se společným stíněním.
EN 50169	Rámcová specifikace pro rozvodné kabely se společným stíněním.
ČSN EN 50288-1	Víceprvkové metalické kabely pro analog. a digital. komunikaci - kmenová specifikace.
ČSN EN 50288-2-1	Víceprvkové metalické kabely pro analog. a digital. komunikaci – dílčí specifikace stíněných kabelů do 100 MHz – horizontální a páteřní kabely budovy.
ČSN EN 50288-2-2	Víceprvkové metalické kabely pro analog. a digital. komunikaci – dílčí specifikace stíněných kabelů do 100 MHz – kabely pracoviště a propojovací kabely.
ČSN EN 50288-3-1	Víceprvkové metalické kabely pro analog. a digital. komunikaci – dílčí specifikace nestíněných kabelů do 100MHz – horizontální a páteřní kabely budovy.
ČSN EN 50288-3-2	Víceprvkové metalické kabely pro analog. a digital. komunikaci – dílčí specifikace nestíněných kabelů do 100 MHz – kabely pracoviště a propojovací kabely.
ČSN EN 50288-4-1	Víceprvkové metalické kabely pro analog. a digital. komunikaci – dílčí specifikace stíněných kabelů do 600 MHz – horizontální a páteřní kabely budovy.
ČSN EN 50288-4-2	Víceprvkové metalické kabely pro analog. a digital. komunikaci – dílčí specifikace stíněných kabelů do 600 MHz – kabely pracoviště a propojovací kabely.
ČSN EN 50288-5-1	Víceprvkové metalické kabely pro analog. a digital. komunikaci – dílčí specifikace stíněných kabelů do 250 MHz – horizontální a páteřní kabely budovy.
ČSN EN 50288-5-2	Víceprvkové metalické kabely pro analog. a digital. komunikaci – dílčí specifikace stíněných kabelů do 250MHz – kabely pracoviště a propojovací kabely.
ČSN EN 50288-6-1	Víceprvkové metalické kabely pro analog. a digital. komunikaci – dílčí specifikace nestíněných kabelů do 250MHz – horizontální a páteřní kabely budovy.
ČSN EN 50288-6-2	Víceprvkové metalické kabely pro analog. a digital. komunikaci – dílčí specifikace nestíněných kabelů do 250MHz – kabely pracoviště a propojovací kabely.
EN 50081-1	EMC – všeobecná norma – vyzařování rušení.
EN 50082-1	EMC – všeobecná norma – odolnost proti rušení.
EN 55022	EMC – limity a metody měření vyzařovaného rušení.

Tabulka 2, shrnutí norem strukturované kabeláže.

5. Princip strukturované kabeláže

Každý kabel strukturované kabeláže je tvořen 8 izolovanými vodiči (někdy je používán výraz párová čtyřka apod.), které jsou spleteny (vždy dva vodiče v jeden pár). Tím jsou dosahovány lepší parametry pro přenos informace v podobě elektrického signálu. Na Obrázek 3 je uveden příklad takového kabelu. Jak již bylo uvedeno, strukturovaná kabeláž může být tvořena i optickými kabely, ale na ty není tato práce zaměřena.



Obrázek 3, 8 vodičů v kabelu.

- Zapojení kabelu strukturované kabeláže

Existují dvě základní schémata, podle kterých by se měly vodiče v trase strukturované kabeláže zapojovat. Jsou to normy TIA-568A a TIA-568B. Pokud se instalují tzv. přímé trasy, což představuje například Horizontální kabelážní subsystém, musí být schémata na obou koncích stejná, tedy například dle normy TIA-568B. Tato problematika je hlouběji rozebrána v sekci: „Komponenty strukturované kabeláže“. Jak se jednotlivé vodiče v kabelu zapojují dle těchto norem je ukázáno níže, viz [9].

o TIA-568A

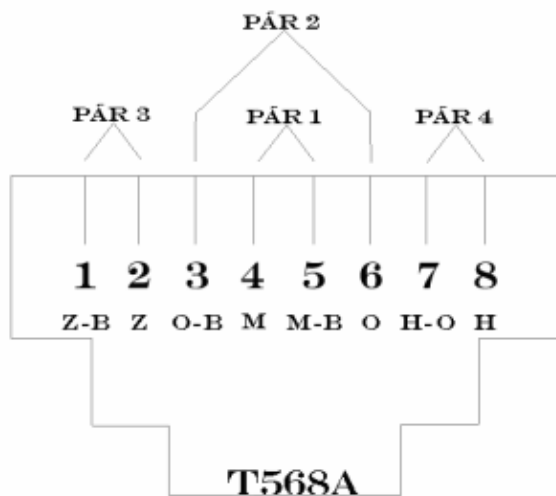
Zapojení dle TIA-568A je v následující:

1. zeleno-bílá (Z-B)
2. zelená (Z)
3. oranžovo-bílá (O-B)
4. modrá (M)
5. modro-bílá (M-B)
6. oranžová (O)
7. hnědo-bílá (H-B)
8. hnědá (H)

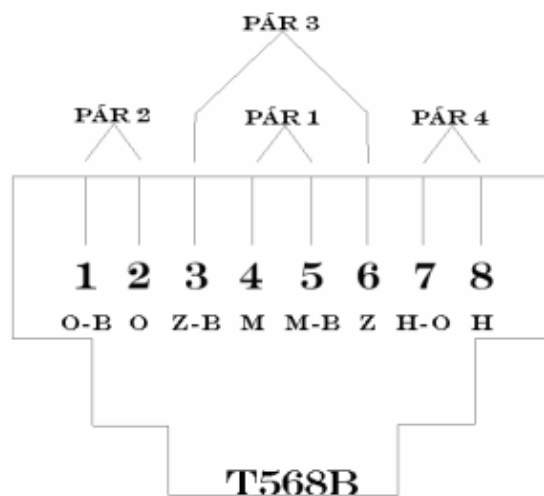
o TIA-568B

Zapojení dle TIA-568B je v následující:

1. oranžovo-bílá (O-B)
2. oranžová (O)
3. zeleno-bílá (Z-B)
4. modrá (M)
5. modro-bílá (M-B)
6. zelená (Z)
7. hnědo-bílá (H-B)
8. hnědá (H)



Obrázek 4, T568A.



Obrázek 5, T568B.

- Příklady aplikací, které využívají pro přenos strukturovanou kabeláž, převzaté z [19]:

Aplikace	piny 1–2	piny 3–6	piny 4–5	piny 7–8
100BASE-TX	TX	RX	-	-
1000BASE-T	Bi	Bi	Bi	Bi
ATM (user device)	TX	Volitelný	Volitelný	RX
ATM (network equip)	RX	Volitelný	Volitelný	TX
analogový telefon	-	-	TX/RX	-
ISDN	napájení	TX	RX	napájení

Tabulka 3, př. aplikací pro strukturovanou kabeláž.

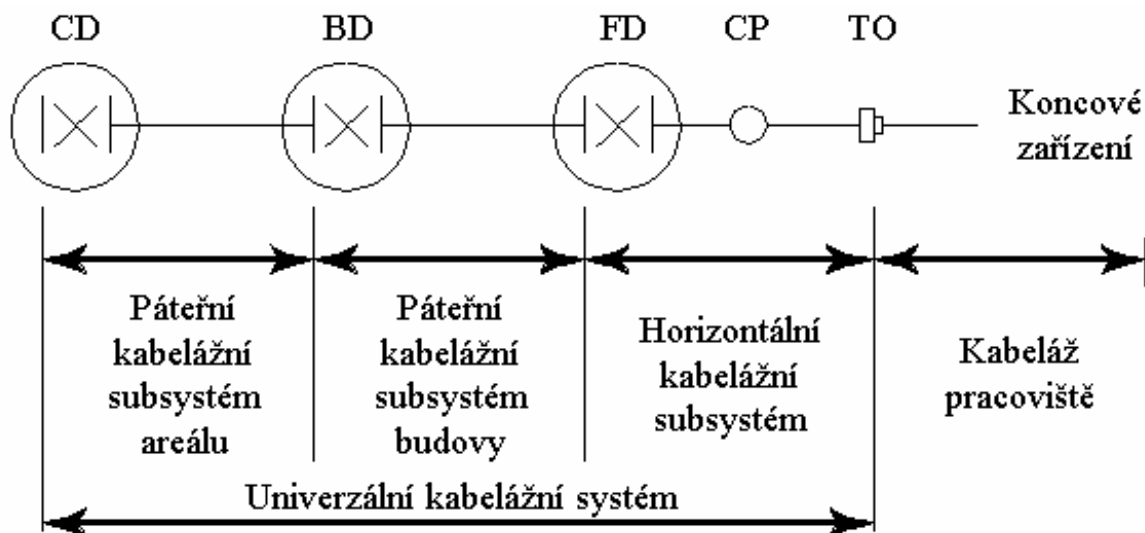
Kde:

- Bi obousměrný (bi-directional),
- TX vysílání (transmit),
- RX přijímání (receive).

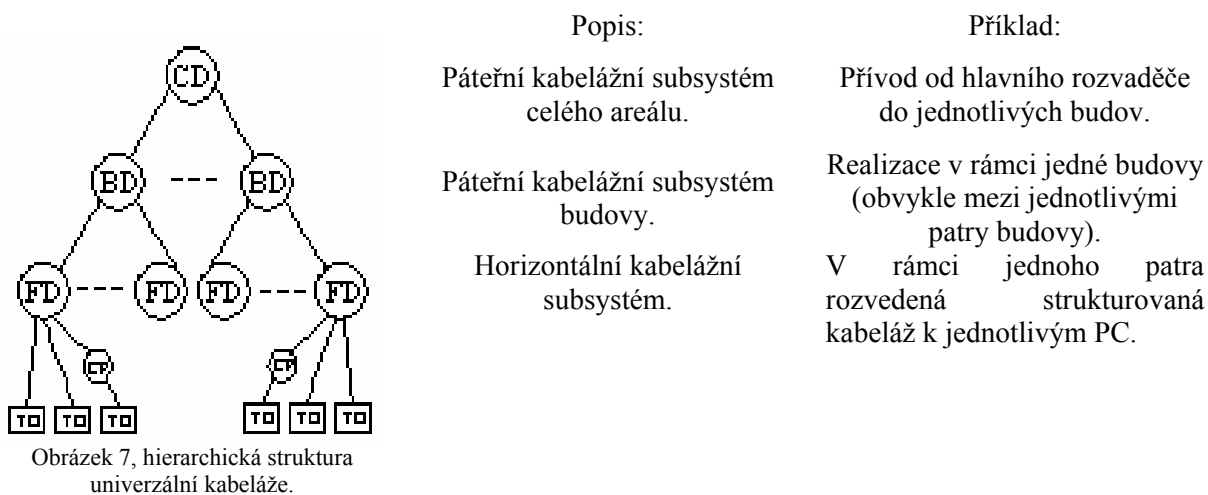
6. Struktura kabelážního systému

To jak má vypadat struktura kabeláže, je definované v normě ČSN EN 50173–1, viz [1]. Je rozdělena na tři základní subsystémy:

- páteřní kabelážní subsystém celého areálu,
- páteřní kabelážní subsystém budovy,
- horizontální kabelážní sekce.



Obrázek 6, struktura univerzální kabeláže.



Obrázek 7, hierarchická struktura univerzální kabeláže.

Jednotlivé funkční prvky:

- CD rozvodný uzel areálu (Campus distributor).
- BD rozvodný uzel budovy (Building distributor).
- FD rozvodný uzel podlaží (Floor distributor).
- CP konsolidační bod (Consolidation point).
- TO telekomunikační vývod (Telecommunications outlet).

- Pátevní kabelážní subsystém celého areálu

Pátevní kabelážní subsystém celého areálu sahá od rozvodného bodu areálu až k rozvodným bodům jednotlivých budov (rozvodnému bodu budovy). Subsystém zahrnuje kromě samotné strukturované kabeláže též mechanické zakončení páteřních kabelů včetně různých druhů propojení, viz dále. Tato pátevní kabeláž je obvykle realizovaná pomocí optického kabelu.

- Pátevní kabelážní subsystém budovy

Pátevní kabelážní subsystém budovy sahá od rozvodného bodu budovy až k rozvodnému bodu jednotlivých podlaží. Subsystém zahrnuje kromě samotné strukturované kabeláže též mechanické zakončení těchto páteřních kabelů včetně různých druhů propojení, viz dále. Tato pátevní kabeláž je obvykle realizovaná pomocí optického kabelu.

- Horizontální kabelážní subsystém

Horizontální kabelážní subsystém jednotlivých podlaží sahá od rozvodného bodu podlaží až k telekomunikačnímu vývodu (TO), kterým je k němu připojen. Subsystém zahrnuje kromě samotné strukturované kabeláže též mechanické zakončení těchto horizontálních kabelů (telekomunikační vývody a volitelně může obsahovat i tzv. konsolidační bod) včetně různých druhů propojení. Platí, že na každých 1 000 m² podlažní plochy, rezervované pro kanceláře, by měl být minimálně jeden rozvodný uzel podlaží.

Konsolidační bod se může volitelně nacházet mezi rozvodným bodem podlaží a telekomunikačním vývodem (TO). Slouží například v otevřeném kancelářském prostředí, kde jsou přemísťovány jednotlivé telekomunikační vývody. Na každém úseku mezi rozvodným bodem podlaží a telekomunikačním vývodem však smí být umístěn maximálně jeden konsolidační bod.

Konsolidační bod je omezen normou tak, že může obsluhovat maximálně 12 pracovišť. Takovýto konsolidační bod musí být umístěn na trvale přístupných místech, jako jsou prostory v podlaží nebo ve stropu. Pokud je konsolidační bod realizován, musí být zanesen i do technické dokumentace daného objektu.

Maximální délky jednotlivých subsystémů dle platné normy jsou uvedeny v Tabulka 4.

Subsystém	Délka [m]
Horizontální	100
Horizontální + pátevní budovy + pátevní areálu	2 000

Tabulka 4, max. délky subsystémů.

- Rozhraní

Rozhraní zařízení jsou ve strukturované kabeláži umístěna na koncích každého ze subsystémů a slouží k jejich propojení. Toto propojení se dá rozdělit na dvě základní možnosti:

- Přímé propojení
- Křížové propojení

Nákresy a popis, jakým způsobem jsou obě možnosti zapojeny, jsou uvedeny v sekci: „Komponenty strukturované kabeláže“

- Základní dělení spojů
 - Stálý spoj (permanent link)

Přenosová cesta je definovaná mezi dvěma rozhraními nebo třemi rozhraními pro spojení strukturované kabeláže (pokud se v kabeláži vyskytuje i konsolidační bod). Stálý spoj nezahrnuje šňůry zařízení, šňůry pracoviště, ale zahrnuje spojovací technické prostředky na obou koncích. Maximální dovolená délka je 90 m.

- Kanál (channel)

Přenosová cesta je definovaná mezi dvěma koncovými body, které spojují dvě libovolná zařízení pro jejich aplikaci. Kanál zahrnuje i propojovací šňůry zařízení a šňůry pracoviště. Maximální dovolená délka je 100 m.

7. Dělení strukturované kabeláže dle kategorií

S postupem času, jak se zvyšoval požadavek na stále vyšší přenosové rychlosti, musely se zvyšovat požadavky na přenosová média. Americká standardizační skupina TIA/EIA proto začala dělit strukturovanou kabeláž na jednotlivé kategorie dle jejich parametrů, viz [20].

- Kategorie 1 a 2

Kabely těchto kategorií nejsou zaneseny v žádných normách, protože vznikly ještě před strukturovanou kabeláží, a proto se neuvádějí jejich parametry.

- Kategorie 3

Kategorie 3 je první, která byla definovaná normou TIA/EIA-568-B. Kabeláž této normy je využívána jak pro přenos hlasu, tak pro přenos dat. Šířka pásma této kategorie je 16 MHz (Mega Hertz) s přenosovou rychlostí až 10 Mbps (Mega bit per second) pro síť typu Ethernet.

- Kategorie 4

Kategorie 4 je definovaná normou TIA/EIA-568-B. Šířka pásma této kategorie je 20 MHz s přenosovou rychlostí až 16 Mbps.

- Kategorie 5

Původně vznikla samotná Kategorie 5 definovaná normou TIA/EIA-568-B. Posléze však byla rozšířena americkou normou TIA/EIA-568-B.2 a byla označovaná jako Kategorie 5e. V současnosti se již opět označuje jako Kategorie 5, ale vykazuje parametry Kategorie 5e. Evropské normy mají označení CENELEC EN 50173-1:2000 a mezinárodními normy jsou značeny ISO/IEC 11801:2000. Šířka pásma této kategorie je 100 MHz s přenosovou rychlostí až 1000 Mbps (Gigabit Ethernet, 1 GE, 1 Gbps).

- Kategorie 6

Tato kategorie byla definovaná v roce 2002. Kategorie 6 je definovaná normami TIA/EIA-568-B.2-1 (pro Ameriku), CENELEC EN 50173-1:2002 (pro Evropu) a ISO/IEC 11801:2002 (mezinárodními standardy). Šířka pásma této kategorie je 250 MHz s přenosovou rychlostí až 1 GE (Giga bit Ethernet). Norma pro tuto kategorii dovoluje používat i 10 GE, ovšem pouze do 55 metrů.

- Kategorie 6a

Kategorie 6a (Category 6 augmented) byla schválena v únoru 2008. Norma má označení TIA/EIA-568-B.2-10. Šířka pásma této kategorie je 500 MHz. Na rozdíl od Kategorie 6, dovoluje 6a provozování 10 GE na plné, tedy 100 metrové vzdálenosti.

- Kategorie 7

Kategorie 7 byla poprvé zmíněna již v roce 1997. Je definovaná normami CENELEC EN 50173-1:2002 (pro Evropu) a ISO/IEC 11801:2002 (mezinárodními standardy). Americkými normami nebyla

doposud schválena. Šířka pásma této kategorie je 600 MHz. A probíhá testování s šířkou pásma 750 MHz. Přenosová rychlost této kategorie je 10 Gbps. Tato kategorie specifikuje kabel, který má být typu S/STP (4 individuálně stíněné páry ve stíněném plášti), viz dále.

- Kategorie 7a

Kategorie 7a (Category 7 augmented) vychází z Kategorie 7. S rozdílem, že je počítáno s šířkou pásma 1000 MHz.

- Shrnující tabulka

Třída	C	-	D	E	Ea	F	Fa
Kategorie	3	4	5	6	6a	7	7a
Standard	Analogový telefon, 10BASE-T	IBM Token Ring	1000BASE-T a nižší	1000BASE-T a nižší	10GBASE-T a nižší	10GBASE-T a nižší	10GBASE-T a nižší
Šířka pásma	16 MHz	20 MHz	100 MHz	250 MHz	500 MHz	600 MHz	1000 MHz
Maximální přenosová rychlost	10 Mbps	16 Mbps	1000 Mbps	1 Gbps/10 Gbps	10 Gbps	10 Gbps	10 Gbps
Použití	Analogový telefon	Již se neinstaluje	Moderní datové přenosy (GE)	Vysoký datový provoz (Multimed. přenosy)	Vysoký datový provoz (Páteřní systémy)	Vysoký datový provoz (Páteřní systémy)	Vysoký datový provoz (Páteřní systémy)

Tabulka 5, tabulka shrnující kategorie strukturované kabeláže.

8. Dělení kabelů strukturované kabeláže

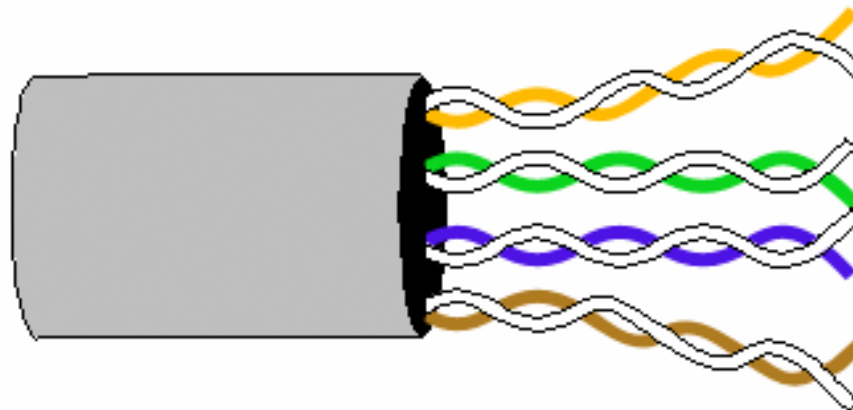
Veškeré podmínky, za kterých je možné následující kabely instalovat lze nalézt v [20].

- UTP (Unshielded Twisted Pair)

UTP Kategorie 5

UTP v Kategorii 5 je v současnosti nejpokládanější kabel ve strukturované kabeláži. Je tvořen kroucenou dvoulinkou, která, jak již bylo psáno, eliminuje jak vyzařování z kabelu, tak i vyzařování z okolí do kabelu. A jak roste přenosová rychlost, čím dál více se musí brát v úvahu právě i vnější

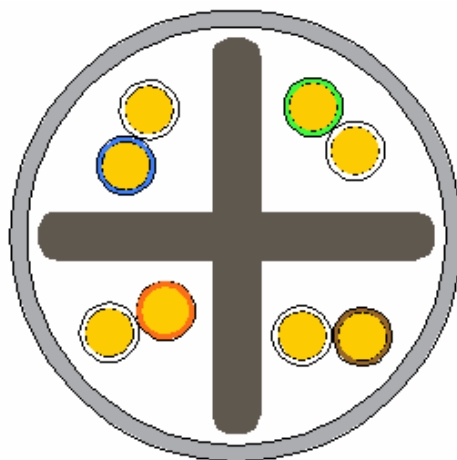
záření. Protože tím, jak jsou v blízkosti dva vodiče a přenáší střídavý signál, stává se takový kabel anténou, která přijímá vnější záření. Proto tento typ kabelu je instalován do prostředí, kde nemůže jeho vyzařování ovlivnit vnější prostředí. UTP v kategorii 5 představuje ideální volbu pro zákazníky, kteří hledají moderní kabelový systém pro strukturovanou kabeláž, ale nechtějí za ni platit velké částky, tedy má dobrý poměr cena / kvalita.



Obrázek 8, UTP kabel.

- UTP Kategorie 6

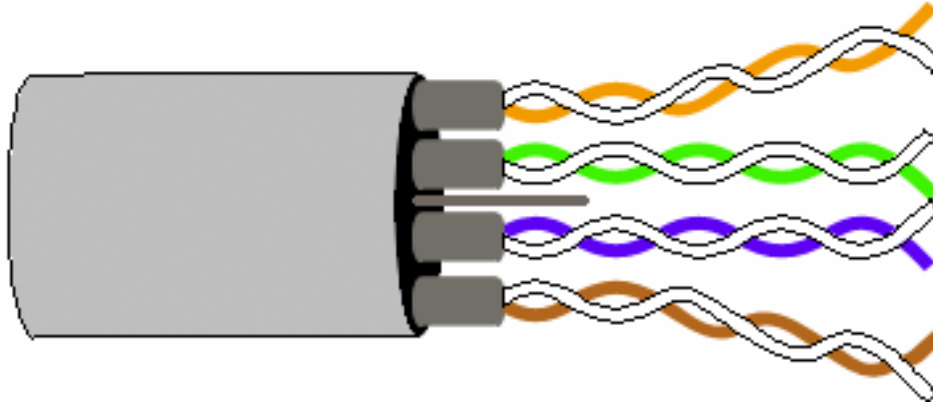
UTP v kategorii 6 je o třídu lepší možnost strukturované kabeláže. Je navržena pro vysokorychlostní datové a multimediální přenosy. Kabel této kategorie podporuje rychlosti až do 1 Gbps. Kabel Kategorie 6 obsahuje kromě 4 párů vodičů i křížový nemetalický oddělovač, který zajišťuje podélně stabilní prostorovou dimenzi párů vůči sobě. Tím eliminuje křížové přeslechy v párech na vysokých kmitočtech, viz dále. Kříž je rovněž stáčen tak, aby byl dodržen potřebný skrut všech párů. Existují různé druhy křížů, které jsou různé od výrobců a účelu použití.



Obrázek 9, UTP 6.

- STP (Shielded Twisted Pair)

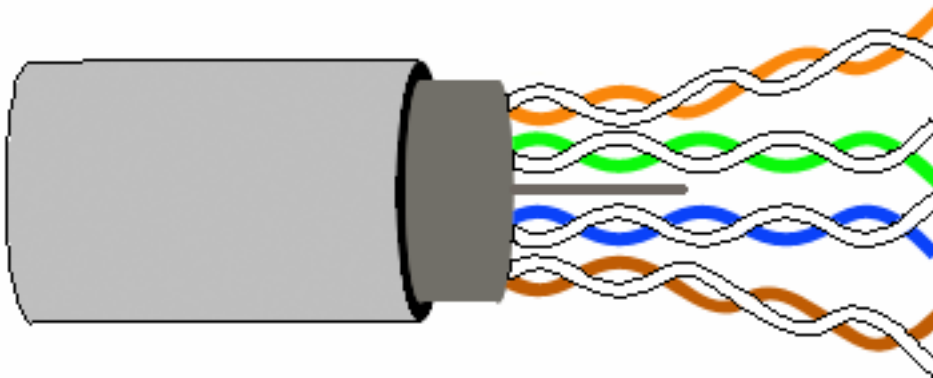
STP se od předchozího typu liší tím, že každý z párů v kabelu je individuálně stíněn pomocí metalické fólie. Toto stínění brání kabel proti vnějšímu (elektromagnetickému) rušení.



Obrázek 10, STP kabel.

- S/UTP (Screened Unshielded Twisted Pair)

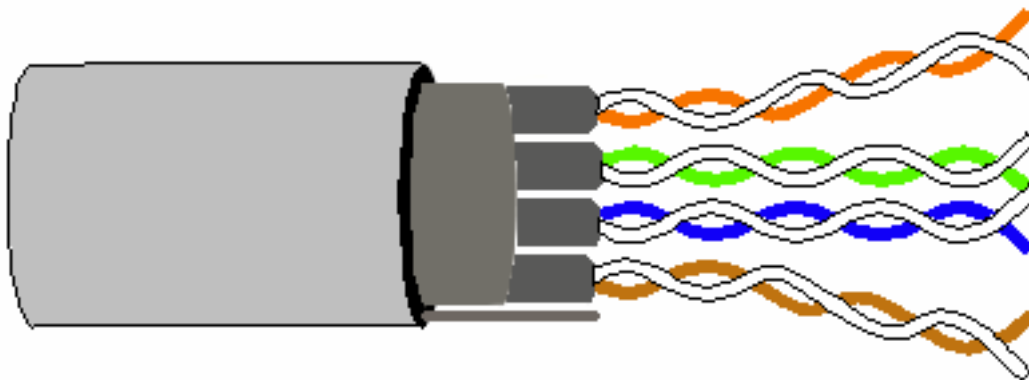
S/UTP je též znám jako FTP (Foiled Twisted Pair, Fully shielded Twisted Pair). FTP se liší od UTP tím, že všechny páry jsou obalené metalickou fólií. Stínění musí mít nízkou impedanci.



Obrázek 11, FTP kabel.

- S/STP (Screened Shielded Twisted Pair)

S/STP je nejbezpečnější typ symetrického vedení z hlediska záření, kdy jsou stíněny jednotlivé páry i celý kabel. Ovšem tato bezpečnost je vykoupena vyšší vahou i cenou kabelu, které úměrně s vyšším množstvím použitého materiálu stoupají. S/STP je navržena pro Kategorii 7. Je testována pro šířku pásma až 900 MHz. Je vhodná pro nejmodernější přenosové protokoly, jako je například 10 GE.



Obrázek 12, S/STP kabel.

Všechny verze kabelu, které obsahují stínění, tedy STP, FTP a S/STP, obsahují i zemnicí vodič, který musí být pospojovaný po celé délce trasy společně s konektory. Zemnicí vodič se spojuje s místem s nulovým potenciálem (zemnicí úrovní) a to pouze v jediném místě trasy, aby nevznikaly na jedné trase rozdíly v potenciálech (maximální dovolený rozdíl v potenciálu je 1 Volt). Připojení na zemnicí úroveň je realizováno v telekomunikační skříni, viz dále.

Je zajímavé, že ve Spojených státech amerických vůbec stíněné typy kabelů nepoužívají, proto veškerý výzkum věnují verzím UTP. Vychází to z historie, protože u nich je většina budov relativně mladých. Proto jsou postaveny podle předpisů (např. v ČR byly kdysi stavěny budovy bez předpisů a technických norem, a tak jsou často instalatérské firmy překvapeny, co všechno bylo dříve možné vytvořit) a hlavně jsou budovy postaveny z moderních stavebních materiálů, obvykle za pomoci kovových materiálů. Tím vzniká tzv. Faradayova klec, kdy vše, co se nachází uvnitř takové budovy, není vystaveno téměř žádnému vyzařování, které se nachází vně budovy.

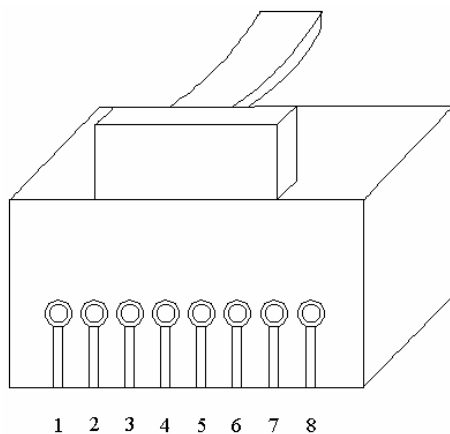
9. Komponenty strukturované kabeláže

Jde o stejně důležitou součást jako samotná strukturovaná kabeláž, protože celkový výsledek testů je dán nejslabším článkem řetězce. Proto se při realizaci strukturované kabeláže nesmí nic podcenit a vždy volit správné součástky pro danou kategorii. Díky tomu se mohou jednotlivé exempláře vizuálně velmi lišit a hlavně mají zcela jiné parametry. Vyfocené příklady s popisem následujících komponent lze nalézt např. v [10], [11], [12], [13], [20] nebo na přiloženém CD (složka FOTO).

- 8P8C (8 Positions, 8 Conductors)

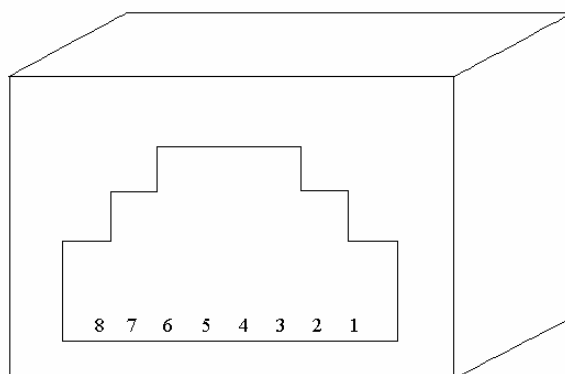
Typovým označení 8P8C se rozumí zástrčka (plug, „kostka cukru“, koncovka, RJ 45) v samčí (male) podobě nebo zásuvka (jack) v samičí (female) podobě. Obě formy obsahují 8 pozic s 8 vodiči a jsou standardizované, aby byly kompatibilní všude na světě.

Zástrčkou, tedy samčí podobou 8P8C, je z obou stran zakončena tzv. šňůra (cord). Jde o nerozebíratelný spoj, který se vytváří pomocí krimpovacích kleští, viz Obrázek 13. Pohled na konektor zepředu.



Obrázek 13, plug.

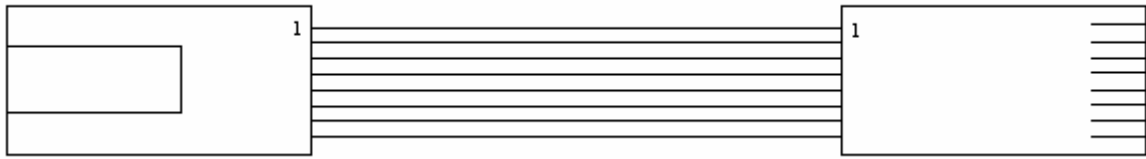
Zásuvkou, tedy samičí podobou 8P8C, je zakončen například telekomunikační vývod (TO). Jde obvykle o rozebíratelný spoj, viz Obrázek 14. Pohled na zásuvku zepředu na stěně.



Obrázek 14, jack.

- Propojovací šňůra (patch cord)

Propojovací šňůra slouží k přímému propojení určitých dvou zařízení nebo subsystémů. To znamená, že vodič na jedné straně například na pozici 1 bude na opačné straně též zapojen v pozici 1 apod., viz Obrázek 15.



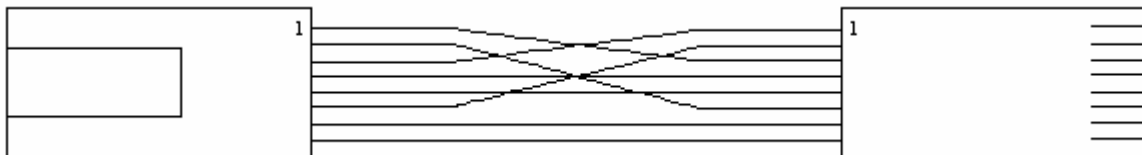
Obrázek 15, přímé propojení.

- Křížový kabel (crossover cable)

Křížový kabel slouží k propojení dvou zařízení stejného typu. Nejčastější je případ, kdy je potřeba přímo propojit dva počítače. Pokud je realizován tzv. křížový kabel, je zapotřebí jednotlivé vodiče zapojit dle následujícího schématu:

1 - 3
 2 - 6
 3 - 1
 4 - 4
 5 - 5
 6 - 2
 7 - 7
 8 - 8

Tímto je zajištěno, že vysílač na vysílací straně je propojen s přijímačem na přijímací straně. Viz Obrázek 16.



Obrázek 16, křížové propojení.

- Přepojovací panel (patch panel)

V přepojovacím panelu jsou zakončeny páteřní kabelážní subsystémy areálu, budovy a horizontální kabelážní sekce. Hlavní funkce tohoto panelu tkví v tom, že zpřehledňuje orientaci v místě přepojování, které je obvykle velmi stísněné. Existuje velké množství různých druhů přepojovacích panelů od různých výrobců.

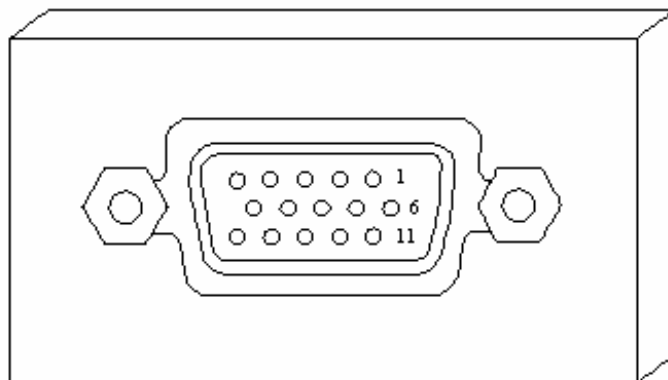
- Telekomunikační skříň (datový rozvaděč, rack)

V telekomunikační skříni (i u nás je běžně používaný název rack) jsou soustředěny aktivní, telekomunikační prvky jako jsou switche a routery. Je zde umístěna i UPS (záložní baterie) a hlavně právě zde jsou umístěny výše popsané přepojovací panely. Zde též musí být vyvedena svorkovnice s nulovým potenciálem, pomocí něž je realizováno tzv. „uzemnění“. Norma ČSN 332000–7-707 ukládá za povinnost spojit s nulovým potenciálem veškeré stíněné kabely, přepojovací panely, kovové části telekomunikačních skříní apod. Datové rozvaděče jsou vyráběny opět v různých provedeních, aby si zákazníci mohli vybrat to nejlepší řešení pro jejich projekt.

- D-SUB modul (D-Subminiature Module)

Série konektorů D byla představena firmou Cannon v roce 1952. Písmeno D mělo představovat tvar konektoru a současně to bylo první písmeno ze zkratky. Následovalo další písmeno, podle toho kolik má daný konektor pinů (kolíků). Buď je to: A=15 pinů, B=25 pinů, C=37 pinů, D=50 pinů nebo E=9 pinů. Další dvojice znaků představovala právě počet pinů a posledním znakem je písmeno buď F (Female, samičí typ) nebo M (Male, samčí typ). Piny jsou od sebe umístěny přibližně 2,74 mm (0,108 palce) a jsou umístěny v řadách, které jsou od sebe vzdáleny 2,84 mm (0,112 palce). Z celé této série je dodnes asi nejpopulárnější typ DE15M(F). Podle výše popsaného principu by měl mít tento modul zkratku DA15. Protože však vychází ze staršího typu DE9, který se zaměřoval na přenos video signálu, získal tuto upravenou zkratku. Někdy se označuje též jako „High density“, což značí, že obsahuje velký počet pinů v konektoru.

Modul DE15 byl v roce 1987 vylepšen firmou IBM a tato podoba přetrvala dodnes. Konektor obsahuje 3 řady, každá po 5 pinech, viz Obrázek 17. Jak již bylo naznačeno, konektor je využíván pro přenos video signálu typu RGBHV (red – green – blue – horizontal sync – vertical sync) mezi počítačem a monitorem v SVGA (Super Video Graphics Array) prostředí.



Obrázek 17, D-SUB.

Tabulka 6 ukazuje význam jednotlivých pinů konektoru.

Pin	Signál	Význam
1	RED	Red video
2	GREEN	Green video
3	BLUE	Blue video
4	N/C	Not connected
5	GND	Ground (HSync)
6	RED RTN	Red return
7	GREEN RTN	Green return
8	BLUE RTN	Blue return
9	+5V	+5V (DDC)
10	GND	Ground (VSync, DDC)
11	N/C	Not connected
12	SDA	I ² C data
13	HSync	Horizontal sync
14	VSync	Vertical sync
15	SCL	I ² C clock

Tabulka 6, význam pinů v DE15.

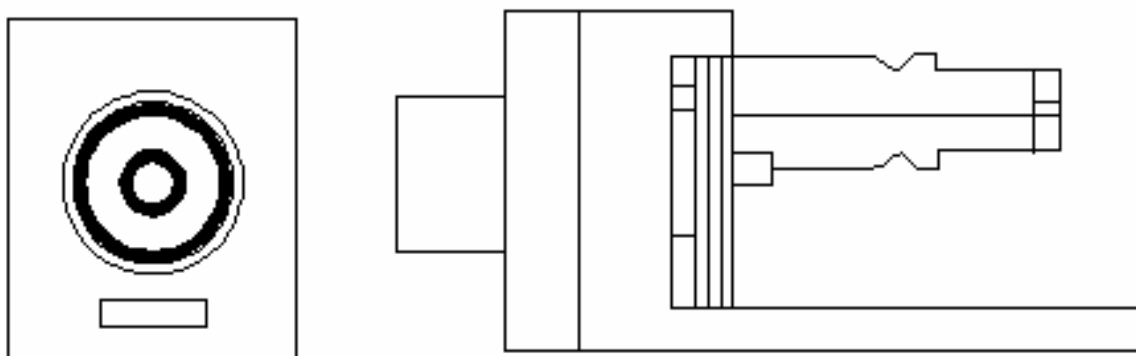
D-SUB modul patří mezi novinky v oblasti strukturované kabeláže. Největší využití je jako prodlužovací kabel k datovému projektoru umístěnému na stropě.

- RCA modul

Jméno „RCA“ tato součástka získala z počátečních písmen organizace „the Radio Corporation of America“, která se již od roku 1940 zabývá návrhy plánů, jak propojovat audio zařízení (např. zesilovače k přehrávačům). Často je též označován jako CINCH/AV konektor.

Je to typ konektoru, který se hodí právě k přenosu audio/video signálu. RCA modul se opět vyskytuje ve dvou provedeních (samčí a samičí). Samčí typ má střední konektor v průměru 3,70 mm a vnější konektor (soustředná kružnice kolem středního vodiče) má v průměru 8,25 mm, viz Obrázek 18.

Největší nevýhoda tohoto řešení je, že pro každý signál musí existovat vlastní vodič. Obvykle jsou RCA konektory barevně značeny. Žlutá je určena pro video signál, červená pro pravý kanál audio signálu a bílá nebo černá pro levý kanál audio signálu. Tuto trojici lze najít například na moderních televizních přístrojích.



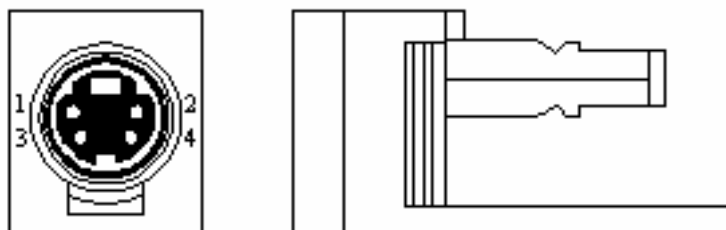
Obrázek 18, RCA.

RCA modul patří mezi novinky v oblasti strukturované kabeláže. Lze ho využít jako prodlužovací zařízení k přenosu audio/video signálu například mezi kamerou a televizí.

- S-video modul (Separate video, Y/C)

S-video modul slouží k přenosu pouze video signálu. Tento signál je přenášen ve dvou složkách (barva a jas), ze kterého je pak v přijímači daný obraz sestaven.

V prostředí strukturované kabeláže se používá 4 pinová verze konektoru (mini-DIN), viz Obrázek 19. S-Video se používá převážně ve Spojených státech amerických, Kanadě, Austrálii a Japonsku, pro přenos video signálu například z DVD přehrávače do televize.



Obrázek 19, S-video.

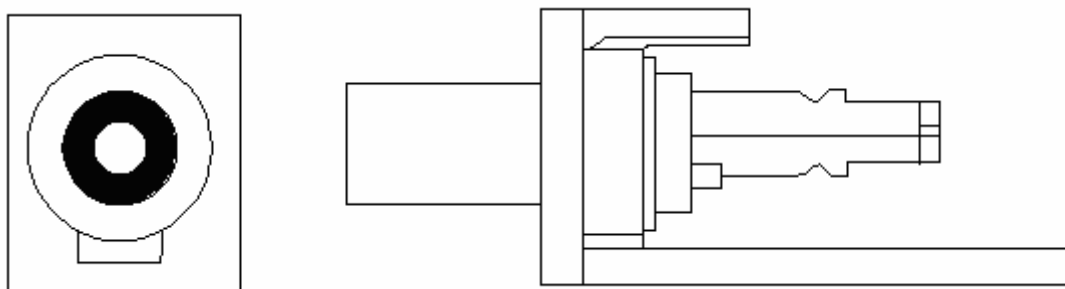
Tabulka 7 ukazuje význam jednotlivých pinů konektoru.

Pin	Signál	Význam
1	GND	Ground (Y)
2	GND	Ground (C)
3	Y	Intensity (Luminance)
4	C	Color (Chrominance)

Tabulka 7, význam pinů v S-video.

- TRS modul (Tip, Ring, and Sleeve)

TRS modul je nejčastěji označován jako „jack“. Slouží k přenosu audio signálu a je známý převážně z přenosných přehrávačů. Vyskytuje se ve třech rozměrech: 6,35 mm (1/4 palce), 3,5 mm (1/8 palce) a 2,5 mm (3/32 palce). Všechny tři verze jsou dostupné buď v dvou vodičové podobě (mono) nebo třívodičové podobě (stereo). V samčí podobě má válcovitý tvar, v samičí podobě je inverzní k samčí. Obrázek 20 ukazuje samičí podobu 3,5 mm TRS konektoru.



Obrázek 20, 3,5 mm TRS.

V prostředí strukturované kabeláže je používána verze 3,5 mm a slouží převážně k audio rozvodům po budově.

- Balun

Balun je zařízení, které je určeno k přizpůsobení signálu z vyváženého kabelu na nevyvážený kabel (BALanced to UNbalanced cable, odtud název) nebo naopak, viz [17]. Pokud je tedy zapotřebí přenášet nevyvážený signál (např. video signál), určený pro koaxiální kabel (nevyvážený kabel), v prostředí TP (vyvážený kabel) je zapotřebí i balun. Toto zařízení může být složeno například z transformátoru, který přizpůsobuje impedanci z jednoho kabelu na druhý.

Balun existuje buď jako pasivní prvek, tedy nepotřebuje vlastní napájení nebo jako aktivní, který napájení potřebuje. Pasivní prvek má tu výhodu, že může fungovat v obou směrech, tedy je označen jako bidirektální. To znamená, že přes něj lze posílat signál z obou stran a balun jej bude správně transformovat. Naproti tomu aktivní prvek zajišťuje správnou funkci pouze v jednom směru (ze vstupu na výstup). Je to zapříčiněno tím, že kromě transformátorů může obsahovat i speciální obvody, které správně fungují právě jen v jednom směru.

Existují i speciální koncovky (RCA, S-video), které se jednoduše připojí k TP kabelu bez balunu a také dokáží přenášet nevyvážený signál. Ovšem mají velmi krátkou vzdálenost dosahu, kvůli přeslechům a vyzařování. Udává se, že v případě audio signálu je to méně než 9 metrů (30 stop) a v případě video signálu (S-video) 15 metrů (50 stop). Balun je instalován buď jako součást zásuvky, zástrčky nebo je z výroby obsažen přímo na daném kabelu.

10. Aplikace multimediálních kabelážních systémů strukturované kabeláže

- 1 Gbps

Gigabitový Ethernet (GE nebo 1 GigE) je definován organizací IEEE. Bližší informace lze nalázt zde: [14]. Standardizován byl touto organizací v červnu 1998. Je označován jako IEEE 802.3ab. Běžně se však lze setkat s označením 1000BASE-x, kde x značí fyzické médium, po kterém jsou data posílána, například:

SX	multimódové optické vlákno,
LX	singlemódové vlákno,
T	kroucený pár.

1000BASE-T pak byl definitivně přijat v roce 1999 a mohl být zpětně aplikován i na již instalovanou strukturovanou kabeláž.

Původně byl gigabitový Ethernet vyvinut pro přenos dat ve vysokokapacitních páteřních sítích, ale v roce 2000 ho firma Apple implementovala do svého osobního počítače se standardem 1000BASE-T. Pak se již začal rychle implementovat i do počítačů ostatních výrobců.

1000BASE-T na rozdíl od svých předchůdců 10BASE-T a 100BASE-TX používá pro přenos dat všechny 4 páry. Proto, aby byla dosažena tak vysoká rychlost, je použita 5 stavová pulzní amplitudová modulace (PAM-5). Modulační rychlost je stejná jako u svého předchůdce 100BASE-TX 125 MBaud.

Princip je takový, že každých 8 bitů je transformováno do 3 bitového symbolu, který představuje určitou úroveň signálu, viz Tabulka 8. Tento signál je posléze odeslán na přijímací stranu.

Symbol	Úroveň signálu
0	0
1	1
10	2
11	-1
100	0
101	1
110	-2
111	-1

Tabulka 8, transformační tabulka PAM-5.

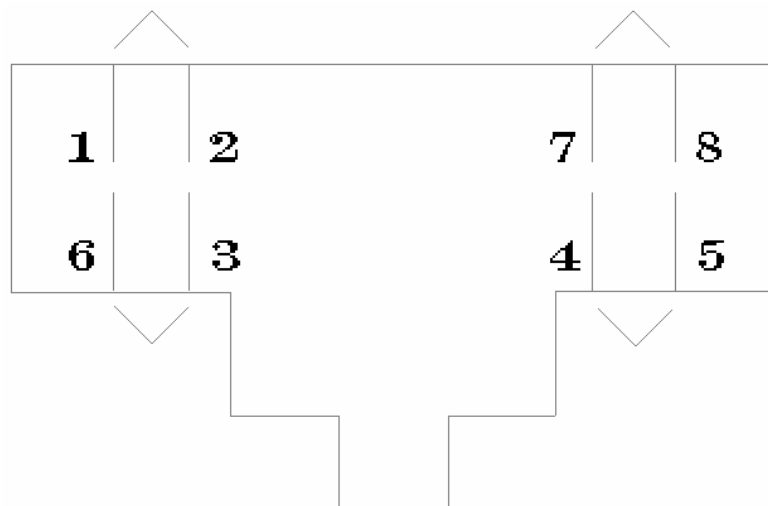
- 10 Gbps

Dlouhou dobu se zdálo, že je gigabitový Ethernet pro metalické vedení strop, který již nebude překonán. Roku 2006 byl však organizací IEEE přijat standard IEEE 802.3an, který definuje 10 gigabitový Ethernet (10 GE nebo 10 GigE) nejen pro optický kabel, ale právě i pro metalické vedení, viz [15]. Desetigabitový Ethernet opět používá pro přenos dat všechny 4 páry. Byl vyvinut pro vysokokapacitní páteřní sítě, SAN (Storage Area Network), video přenosy s vysokým rozlišením, digitální animace apod.

Nové kabelážní systémy, které budou v budoucnu instalovány, musí být alespoň Kategorie 6 s šířkou pásma 500 MHz a s útlumem jako má Kategorie 7. Přesné podmínky prozatím nebyly stanoveny, protože nyní se nachází v připomínkovém řízení (draft). Na stávající kabeláži (UTP) Kategorie 6 je možné provozovat tento systém až do vzdálenosti 55 m od zdroje signálu. Klíčovou rolí v takto vysokých přenosových rychlostech hrají křížové přeslechy. Nově měřeným parametrem tohoto standardu je tzv. Alien Cross Talk (Přeslech z cizího zdroje). Jak již název napovídá, bude se měřit přeslech z cizího zdroje, jako je například souběžné vedení (jiný datový kabel apod.).

Expertům z firmy Belden se již podařilo otestovat UTP kabel na 100 m vzdálenost, kdy testovali ten „nejhorší možný případ“, tedy Alien cross talk. V trase byly zapojeny i čtyři zásuvky, které lze v reálném prostředí také běžně nalézt (mezi FD a TO a u koncových aktivních prvků). Alien cross talk demonstrovali tak, že spojili 7 kabelů do jednoho svazku a současně po nich posílali signál rychlostí 10 Gbps, na vzdáleném konci jej nechali odrazit zpět a pak porovnávali přijaté rámce s těmi, co odeslali a nezjistili jedinou chybu v přenosu.

10 GE používá 12-PAM, tedy je definováno 12 úrovní signálu, které se berou do úvahy při přenosu dat. Je samozřejmé, že kromě speciální konstrukce kabelu musí být speciálně navrženy i všechny komponenty, které jsou použity v trase, jako například konektory. Na Obrázek 21 je naznačeno, jaké je zapojení jednotlivých vodičů kabelu v konektoru pro Kategorii 7, tedy pro 10 Gbps.



Obrázek 21, konektor pro 10Gbps.

- RGB (Red Green Blue)

Zkratka RGB značí tři základní barvy (červená, zelená a modrá) ve video obrazcích, ze kterých jsou sestaveny všechny ostatní barvy spektra, které oko dokáže rozlišit. Tohoto efektu se využívá v interpretaci obrazu na dálku, například právě přes TP, viz [17].

RGB je představitel analogového způsobu přenosu obrázků, kdy je každá z těchto barev přenášena zvlášť a s minimálním zpožděním mezi jednotlivými barvami. Proto při video přenosech je základním parametrem, na který je dáván velký důraz Delay skew, viz následující kapitola. Maximální povolená hranice pro strukturovanou kabeláž je 45 ns/100 m (viz ČSN EN 50173–1). Standard pro šíření videa dovoluje maximální hodnotu zpoždění 40 ns a nižší, z toho plyne, že

maximální dovolená hranice délky kabelu je: $40/45 \cdot 100 = 88,9$ m. Existují však výrobci, kteří dokáží vyrobit kabel, který bude mít hodnotu Delay screw i 25 ns/100 m (jako například firma BELDEN se svým kabelem typu MediaTwist) a pak je teoretická maximální délka rovna: $40/25 \cdot 100 = 180$ m. Pro zakončení těchto kabelů lze využít například koncovku typu S-video.

- Digitalizované video

Video digitalizované již v základním pásmu se od analogového liší tím, že je reprezentované nulami a jedničkami. Díky tomu je odolnější vůči rušení i interferenci signálu než analogové video.

Přenosová rychlost musí být minimálně 45 Mbps, obecně se ale požaduje, aby se přenosová rychlost pohybovala mezi 143 Mbps (71,5 MHz) až 270 Mbps (135 MHz). Tyto požadavky splňuje Kategorie 6. Kategorie 5 má zaručenu šířku pásma pouze do 100 MHz, z toho důvodu pro zajištění maximální rychlosti existují tři možnosti řešení.

První možné řešení spočívá v použití kompresních schémat pro redukci dat resp. redukci šířky pásma, například BRR (Bit Rate Reduction). Tato redukce se ovšem v žádném případě neprojeví na kvalitě přeneseného obrazu.

Druhé řešení spočívá v redukci obrazových dat, které díky nedokonalosti lidského oka stejně mozek nezpracuje. Touto metodou se redukuje počet snímků tak, aby to lidské oko nezaznamenalo. Redukci lze bez problémů provést až na 20 snímků/sekundu. Je udáváno, že je možné redukovat až na 15 snímků/sekundu tak, aby pozorovatel nic nezaznamenal a pohyb se zdál plynulým.

Třetí řešení představuje zmenšení projekční plochy tak, aby bylo potřeba pro vyplnění celé scény méně obrazových dat. Tento efekt však lze provést pouze v případě, kdy není třeba vyplnit velký obrazový prostor, protože pak se tento nedostatek dat projeví tzv. „kostičkováním“ nebo trháním obrazu, což je zapříčiněno právě nedostatkem zpracovávaných dat. Více o digitalizovaném videu je možné nalézt zde: [17].

- CATV (Cable TV, Community Antenna Television)

CATV je standard pro šíření širokopásmového video vysílání. Tento standard definoval FCC (Federal Communications Commission). Vymezil, které nosné frekvence budou přiřazeny jakým kanálům, viz Tabulka 9, blíže zde: [17].

Pásmo	Frekvence	Kanál
	(MHz)	(číslo)
-	6 – 48	T-7 – T-13
VHF	54 – 72	2, 3, 4
VHF	76 – 88	4, 5, 6
FM+	88 – 118	A1 – A5
UHF	120 – 174	14 – 22
VHF	174 – 216	7 – 13
UHF	216 – 1002	23 – 158

Tabulka 9, přiřazení CATV.

Jak již bylo zmíněno, nevýhoda TP vůči koaxiálnímu kabelu spočívá především v šířce pásma. Protože koaxilání kabel s šířkou pásma 1 GHz poskytuje místo pro 128 kanálů (speciální kabely s šířkou pásma až 2,25 GHz dokoce až 300 kanálů). Naproti tomu TP má šířku pásma daleko nižší (běžně používané kabely mají šířku pásma 350 MHz, tzn. 45 kanálů; kabely s šířkou pásma 600 MHz mají kanálů 86) a navíc jsou zde problémy i s dalšími parametry jako jsou: přeslechy, return loss, apod. (více v další kapitole). I přes tyto nevýhody však existuje mnoho prostředí, kde tyto nedostatky nepředstavují velký problém, protože jednoduše není zapotřebí tolik kanálů. Navíc řešení pomocí TP je cenově přijatelnější. Při těchto instalacích se obvykle instaluje i balun, viz kapitola Komponenty strukturované kabeláže.

11. Testované parametry strukturované kabeláže

Testování má hlavní význam pro správné fungování strukturované kabeláže. Testovací přístroje, které tyto testy provádí, jsou schopné změřit všechny nainstalované komponenty a určit, jestli jsou splněny požadované hodnoty uvedené v normách. Tyto hodnoty jsou však mezní, které je třeba splnit pro správnou funkci kabeláže. Pak už záleží na příslušné hodnotě, jestli má být vyšší nebo nižší. Pokud však této hodnoty není dosaženo, tak by to bylo pouze jediný parametr z velkého množství hodnot, celý systém by byl označen jako nevyhovující normám a musela by se provést příslušná náprava. V praxi jsou však naměřené hodnoty obvykle lepší než udává norma, čímž je daná určitá rezerva pro případ, kdy by se vyskytl nějaký nenadálý jev, který by negativně ovlivnil tyto parametry.

Moderní měřicí přístroje dokáží přímo v těle přístroje vyhodnotit všechny naměřené parametry a například je vynést i do grafů. V Kategoriech 5 a 6 jsou zjišťovány následující parametry, viz [1], [20]:

- Wire map (Mapování vodičů)

Tento parametr kontroluje správné zapojení všech vodičů kabelu mezi telekomunikačním vývodem (TO) a vývodem v přepojovacím panelu. Vyhodnotí zapojení a v případě, že není v pořádku, dokáže určit, které vodiče je třeba zapojit jinak (obvykle se vodiče zapojují dle normy buď T568A nebo T568B). Společně s tím měří i délku trasy a v případě S/STP kabelu kontroluje i jeho stínění.

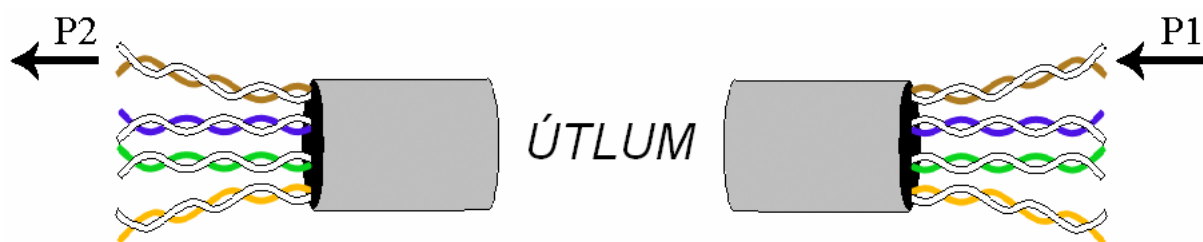
- Attenuation (Útlum / Vložný útlum, A)

Útlum A je parametr, který udává rozdíl mezi velikostí signálu na vstupu kabelu a jeho velikostí na výstupu. Tento útlum je způsoben odporem vodiče, kterým je veden signál. Se zvyšující se frekvencí útlum stoupá. Se zvětšujícím se průměrem vodiče naopak útlum klesá. Jednotka útlumu je dB (decibel). Z české normy ČSN EN 50173–1 lze vyčíst maximální možný útlum v závislosti na třídách:

Třída	Kmitočet [MHz]	Maximální útlum [dB]
A	$f = 0,1$	16
B	$f = 0,1$	5,5
	$f = 1$	5,8
C	$1 \leq f \leq 16$	$1,05 \times (3,23 \times \sqrt{f}) + 4 \times 0,2$
D	$1 \leq f \leq 100$	$1,05 \times (1,9108 \times \sqrt{f} + 0,0222 \times f + 0,2 / \sqrt{f}) + 4 \times 0,04 \times \sqrt{f}$, min. 4,0
E	$1 \leq f \leq 250$	$1,05 \times (1,82 \times \sqrt{f} + 0,0169 \times f + 0,25 / \sqrt{f}) + 4 \times 0,02 \times \sqrt{f}$, min. 4,0
F	$1 \leq f \leq 600$	$1,05 \times (1,8 \times \sqrt{f} + 0,01 \times f + 0,2 / \sqrt{f}) + 4 \times 0,02 \times \sqrt{f}$, min. 4,0

Tabulka 10, maximální možný útlum v závislosti na třídách.

Kde f představuje frekvenci [Hz].



Obrázek 22, útlum.

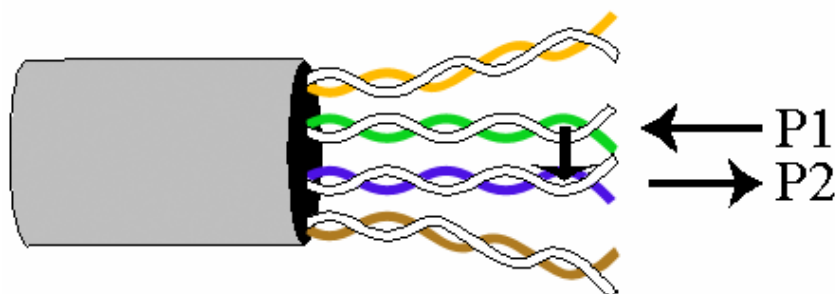
- NEXT (Near End Cross Talk, Přeslech na blízkém konci)

Hodnota NEXT představuje velikost signálu, která se dostane z jednoho páru do jiného ve stejném kabelu. Toto měření je jedno z nejdůležitějších, protože je prováděno na konci, kde je měřicí přístroj, tedy zdroj signálu. Tím pádem je zde příslušný signál nejsilnější a nejsnáze může působit problémy. Měření je prováděno pro všechny páry v kabelu. Jednotka je udávána v dB (decibel). Z české normy ČSN EN 50173–1 lze vyčíst maximální meze pro NEXT v závislosti na třídách:

Třída	Kmitočet [MHz]	Maximální útlum [dB]
A	$f = 0,1$	27
B	$0,1 \leq f \leq 1$	$25 - 15 \times \lg f$
C	$1 \leq f \leq 16$	$39,1 - 16,4 \times \lg f$
D	$1 \leq f \leq 100$	$-20 \times \lg \left(10^{\frac{65,8-15 \times \lg f}{-20}} + 2 \times 10^{\frac{83-20 \times \lg f}{-20}} \right)$, max 60,0
E	$1 \leq f \leq 250$	$-20 \times \lg \left(10^{\frac{74,8-15 \times \lg f}{-20}} + 2 \times 10^{\frac{84-20 \times \lg f}{-20}} \right)$, max 65,0
F	$1 \leq f \leq 600$	$-20 \times \lg \left(10^{\frac{102,4-15 \times \lg f}{-20}} + 2 \times 10^{\frac{102,4-15 \times \lg f}{-20}} \right)$, max 65,0

Tabulka 11, maximální meze pro NEXT v závislosti na třídách.

Kde f představuje frekvenci [Hz].



Obrázek 23, NEXT.

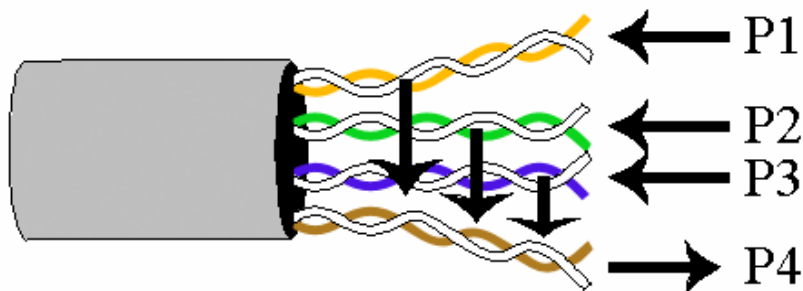
- PSNEXT (Power Sum NEXT, Výkonový součet NEXT)

PSNEXT je teoretická hodnota, která je vypočtena z NEXTu. Tento parametr je důležitý v případě, kdy jsou pro přenos dat používány všechny páry kabelu (například GE). Výstupní hodnota udává velikost signálu, který se dostane do jednoho páru ze zbylých 3 párů na blízkém konci. Výsledky z měření v každé kombinaci jsou průměrovány. Jednotka je udávána v dB (decibel). V normě ČSN EN 50173–1 je definováno, že tento parametr je použitelný pouze pro třídy D, E, F a maximální meze jsou uvedeny v následující tabulce:

Třída	Kmitočet [MHz]	Maximální útlum [dB]
D	$1 \leq f \leq 100$	$-20 \times \lg \left(10^{\frac{62,8-15 \times \lg f}{-20}} + 2 \times 10^{\frac{80-20 \times \lg f}{-20}} \right)$, max 57,0
E	$1 \leq f \leq 250$	$-20 \times \lg \left(10^{\frac{72,8-15 \times \lg f}{-20}} + 2 \times 10^{\frac{90-20 \times \lg f}{-20}} \right)$, max 62,0
F	$1 \leq f \leq 600$	$-20 \times \lg \left(10^{\frac{99,4-15 \times \lg f}{-20}} + 2 \times 10^{\frac{99,4-15 \times \lg f}{-20}} \right)$, max 62,0

Tabulka 12, maximální meze pro PSNEXT v závislosti na třídách.

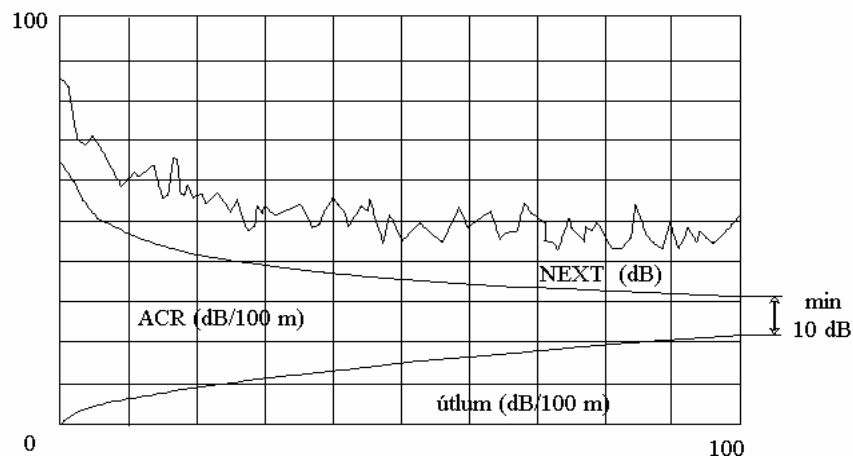
Kde f představuje frekvenci [Hz].



Obrázek 24, PSNEXT.

- ACR (Attenuation to Crosstalk Ratio, Odstup přeslechu na blízkém konci)

Tento parametr se explicitně neměří, ale je vypočítán z rozdílu hodnot NEXT a útlumu A. Velká kladná hodnota ACR obzvláště na vysokých frekvencích ukazuje na vysoce kvalitní provedení kabelu (vlastní výroba i jeho zapojení). Jednotka ACR je dB (decibel). Hodnota ACR je velmi podobná hodnotě SNR (Signal to Noise Ratio) známý z prostředí analogových signálů. Jak vyplývá z Obrázek 25, pokud se hodnota útlumu přiblíží nebo dotkne hodnoty NEXT, přenášený signál bude ztracen. Proto by se měla hodnota rozdílu rovnat alespoň hodnotě 10 dB.



Obrázek 25, ACR.

- PSACR (Power Sum ACR, Výkonový součet ACR)

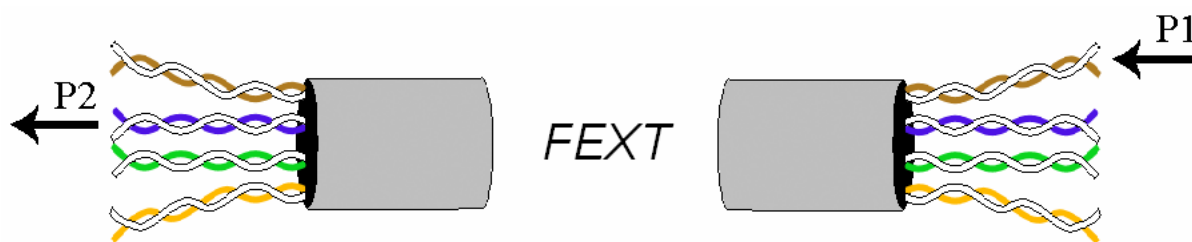
PSACR je teoretická hodnota, která je vypočtena z rozdílu hodnot NEXT a útlumu A. Tento parametr je opět důležitý v případě, kdy jsou pro přenos dat používány všechny páry kabelu (například GE). Výstupní hodnota udává množství signálu, který se dostane do jednoho páru ze zbylých 3 párů na blízkém konci. Výsledky z měření v každé kombinaci jsou průměrovány. Jednotka je udávána v dB (decibel). V normě ČSN EN 50173–1 je definováno, že tento parametr je použitelný pouze pro třídy D, E, F a maximální hodnoty jsou uvedeny v: Tabulka 13.

Kmitočet MHz	Minimální PSACR (dB)		
	Třída D	Třída E	Třída F
1	53	58	58
16	34,5	45,1	55,1
100	8,9	20,8	44,3
250	N/A	2	28,6
600	N/A	N/A	5,1

Tabulka 13, PSACR.

- FEXT (Far End Cross Talk, Přeslech na vzdáleném konci)

FEXT vyjadřuje to stejné jako NEXT s rozdílem, že nyní je místo blízkého konce uvažován konec vzdálený. Tedy, hodnota FEXT představuje velikost signálu, který se dostane z jednoho páru do jiného ve stejném kabelu na vzdáleném konci a je měřeno pro všechny páry v kabelu. Jednotka je udávána v dB (decibel).



Obrázek 26, FEXT.

- ELFEXT (Equal Level Far End Cross Talk)

ELFEXT je teoretická hodnota, která je vypočtena z FEXTu. Tento parametr má větší vypovídací hodnotu než samotný FEXT, protože do výpočtu kromě samotného FEXT vstupuje i útlum A, který se vždy v kabelu vyskytuje. Proto tento parametr upravuje hodnotu (tedy ji odečítá) útlumu od hodnoty FEXT a je vypočítán pro všechny páry. Jednotka je udávána v dB (decibel). V normě ČSN EN 50173–

l je definováno, že tento parametr je použitelný pouze pro třídy D, E, F a maximální meze jsou uvedeny v následující tabulce:

Třída	Kmitočet [MHz]	Maximální útlum [dB]
D	$1 \leq f \leq 100$	$-20 \times \lg \left(10^{\frac{63,8-20 \times \lg f}{-20}} + 4 \times 10^{\frac{75,1-20 \times \lg f}{-20}} \right)$
E	$1 \leq f \leq 250$	$-20 \times \lg \left(10^{\frac{67,8-20 \times \lg f}{-20}} + 4 \times 10^{\frac{83,1-20 \times \lg f}{-20}} \right)$
F	$1 \leq f \leq 600$	$-20 \times \lg \left(10^{\frac{94-20 \times \lg f}{-20}} + 4 \times 10^{\frac{90-15 \times \lg f}{-20}} \right)$

Tabulka 14, výpočet hodnoty ELFEXT pro jednotlivé třídy.

Kde f představuje frekvenci [Hz].

- PSELFEXT (Power Sum ELFEXT, Výkonový součet ELFEXT)

PSELFEXT je teoretická hodnota, která je vypočtena z ELFEXT. Tento parametr je opět důležitý v případě, kdy jsou pro přenos dat používány všechny páry kabelu (například GE). Výstupní hodnota udává množství signálu, který se dostane do jednoho páru ze zbylých 3 párů na vzdáleném konci. Jednotka je udávána v dB (decibel). V normě ČSN EN 50173–1 je definováno, že tento parametr je použitelný pouze pro třídy D, E, F a maximální meze jsou uvedeny v následující tabulce:

Třída	Kmitočet [MHz]	Maximální útlum [dB]
D	$1 \leq f \leq 100$	$-20 \times \lg \left(10^{\frac{60,8-20 \times \lg f}{-20}} + 4 \times 10^{\frac{72,1-20 \times \lg f}{-20}} \right)$
E	$1 \leq f \leq 250$	$-20 \times \lg \left(10^{\frac{64,8-20 \times \lg f}{-20}} + 4 \times 10^{\frac{80,1-20 \times \lg f}{-20}} \right)$
F	$1 \leq f \leq 600$	$-20 \times \lg \left(10^{\frac{91-20 \times \lg f}{-20}} + 4 \times 10^{\frac{87-15 \times \lg f}{-20}} \right), \text{ max } 62,0$

Tabulka 15, výpočet hodnoty PSELFEXT pro jednotlivé třídy.

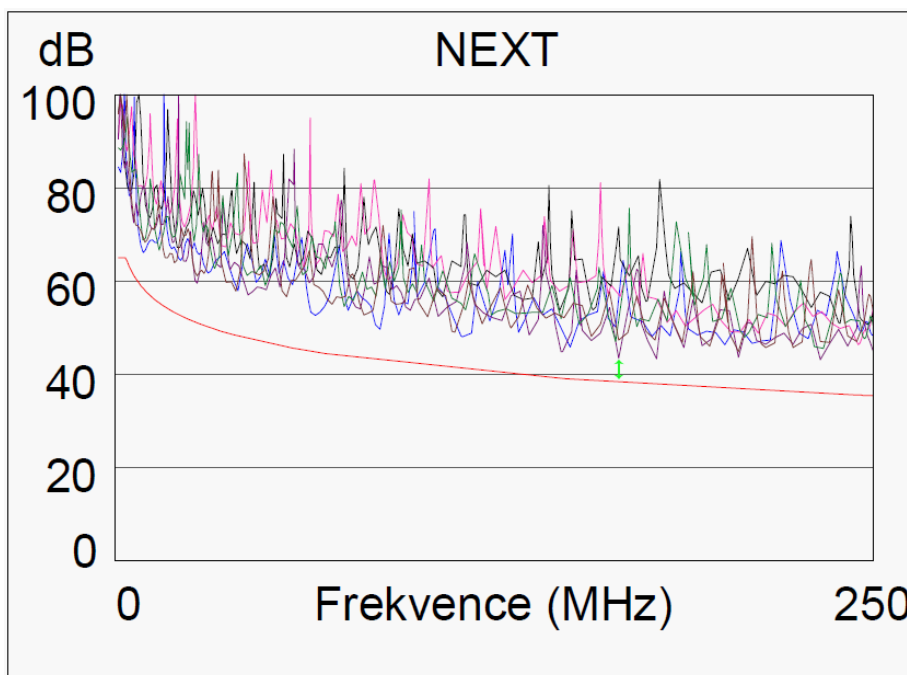
Kde f představuje frekvenci [Hz].

- Headroom

Pojem Headroom je do češtiny překládán jako „Světlá výška“, což je ale výraz nesprávný. Headroom ve skutečnosti představuje rozdíl velikosti signálu, který se nejvíce přibližuje k normě od hodnoty uvedené v této normě. To znamená, že z provedeného měření jednoznačně určí

nejhorší hodnotu a je tak na první pohled jasné, jak kvalitní daná trasa je. Lze z ní například vyčíst, jestli nebyl pár zbytečně moc rozpleten při konektorování. Měření probíhá pro všechny frekvence a všechny vodiče v kabelu. Udává se ve dvou formách, buď jako hodnotu z celého kmitočtového rozsahu nebo je možné hodnotu headroom vztáhnout k určité frekvenci. Tento parametr zároveň ukazuje, jak velká je rezerva v případě, že by byl kabel vystaven vnějšímu rušení apod.

Příklad je uveden na Obrázek 27. Z něj lze vyčíst, že hodnota headroom v celém kmitočtovém rozsahu pro parametr NEXT je rovna 4 dB (v grafu je vyznačena šipkou). To znamená, že se signál pro všechny frekvence a všechny vodiče v kabelu dostane maximálně na hodnotu 4 dB od vyznačené úrovně, kterou definuje norma. Pokud by byla požadovaná hodnota headroomu v určité frekvenci, opět by byl výsledek roven rozdílu vzdálenosti hodnoty normy od hodnoty signálu, který se této normě nejvíce přibližuje.



Obrázek 27, headroom.

- Stejnoseměrný odpor smyčky

Stejnoseměrný odpor smyčky pro každý pár kabelu musí být nižší nebo roven hodnotě uvedené v normě ČSN EN 50173-1. Maximální hodnoty pro jednotlivé třídy jsou uvedeny v následující tabulce:

Maximální stejnosměrný odpor smyčky [Ω]					
Třída A	Třída B	Třída C	Třída D	Třída E	Třída F
560	170	40	25	25	25

Tabulka 16, Maximální stejnosměrný odpor smyčky pro dané třídy.

- Zpoždění šíření (Propagation delay)

Zpoždění šíření vyjadřuje hodnotu zpoždění šíření signálu z jednoho konce kabelu k druhému. Naměřené a vypočítané hodnoty jsou uváděny na tři desetinná čísla a maximální meze jsou uvedeny v normě ČSN EN 50173–1, viz následující tabulka:

Třída	Kmitočet [MHz]	Maximální zpoždění šíření [μ s]
A	$f = 0,1$	20,000
B	$0,1 \leq f \leq 1$	5,000
C	$1 \leq f \leq 16$	$0,534 + 0,036 / \sqrt{f} + 4 \times 0,0025$
D	$1 \leq f \leq 100$	$0,534 + 0,036 / \sqrt{f} + 4 \times 0,0025$
E	$1 \leq f \leq 250$	$0,534 + 0,036 / \sqrt{f} + 4 \times 0,0025$
F	$1 \leq f \leq 600$	$0,534 + 0,036 / \sqrt{f} + 4 \times 0,0025$

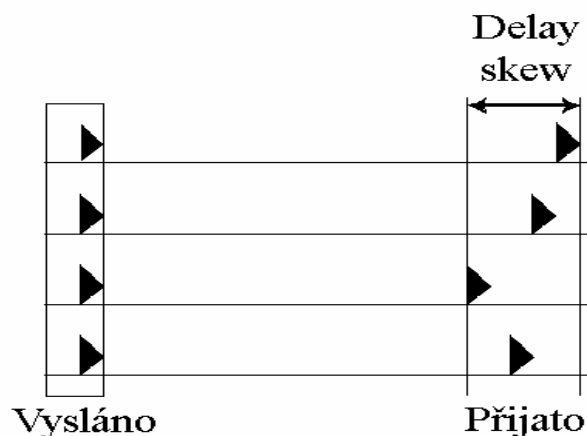
Tabulka 17, maximální hodnoty šíření zpoždění.

Kde f představuje frekvenci [Hz].

- Zpoždění ve skrutu (Delay skew)

Zpoždění ve skrutu vychází z měření Zpoždění šíření signálu kabelem. Ukazuje rozdíl ve zpoždění šíření mezi nejrychlejším a nejpomalejším párem v kabelu. Delay skew je opět důležitý v případě, kdy jsou pro přenos dat používány všechny páry kabelu (například GE). Pro všechny moderní kabely strukturované kabeláže je maximální dovolená hodnota Delay skew rovna hodnotě 45 ns/100 m (nanosekund na 100 metrů). Tento rozdíl je zapříčiněn několika faktory:

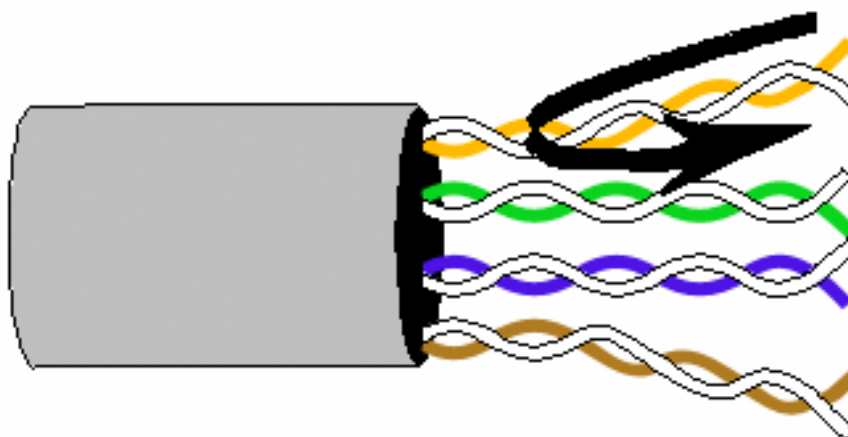
- rozdílná délka párů v kabelu způsobená různě zakroucenými páry,
- rozdíly v materiálech (impedance, průměr, ...),
- efekt okolní interference.



Obrázek 28, Zpoždění ve skrutu.

- Ztráta z návratu (Return loss)

Ztráta z návratu je zapříčiněna především symetrií vedení. Tzn., že se v trase vyskytuje různá impedance vedení např. z důvodu nedokonale vyrobeného vodiče. Při šíření signálu se od takovýchto nedokonalostí část signálu odrazí a putuje zpět k vysílači, kde způsobuje interferenci signálu. Return loss je poměr mezi přímým a odraženým signálem a je udáván v dB (decibel). Toto měření tak může udávat, jak kvalitně je provedena instalace kabelu, protože lze z grafu vyčíst, v jaké vzdálenosti jsou odrazy. Tyto odrazy jsou právě největší v místech křížení, tedy na konektorech.



Obrázek 29, Ztráta z návratu.

- Šířka pásma (Bandwith)

Šířka pásma udává frekvenční rozsah, ve kterém je možné přenášet užitečný signál. Tento parametr žádným způsobem neudává, jak rychle se bude moci signál šířit kanálem, pouze definuje, jak široký bude kanál pro tento signál. Jendnotka je obvykle udávána v MHz (Mega Hertz).

- AWG (American Wire Gauge, „Americká míra kabelu“)

Parametr AWG není předmětem závěrečných testů strukturované kabeláže, avšak je velmi důležitým parametrem, viz [16]. Je používán ve Spojených státech amerických a dalších zemích jako standardní metoda pro oceňování průměru vodiče kabelu. Platí nepřímá úměra, tedy zvyšováním čísla AWG se snižuje průměr vodiče. Toto relativní číslo je odvozeno z počtu potřebných operací, které jsou provedeny při výrobě vodiče (tzv. počtu vytahování vodiče na daný průměr). Například vodič splňující 30 AWG musí projít mnohem více taženími než vodič s 10AWG, viz následující tabulka, která kompletně shrnuje jednotlivé stupně AWG. Průmyslové standardy požadují, aby pro Kategorii 5 TP bylo 24 AWG a pro Kategorii 6 pak 23 AWG nebo 22 AWG.

AWG	Průměr (mm)	Plocha (mm ²)	Odpor mědi (Ω /1km)
000000 (6/0)	14,73	170	
00000 (5/0)	13,12	135	
0000 (4/0)	11,68	107	0,16*
000 (3/0)	10,4	85	0,2*
00 (2/0)	9,266	67,4	0,25*
0 (1/0)	8,251	53,5	0,3281
1	7,348	42,4	0,4*
2	6,544	33,6	0,5*
3	5,827	26,7	
4	5,189	21,2	0,8*
5	4,621	16,8	
6	4,115	13,3	1,5*
7	3,665	10,5	
8	3,264	8,37	2,2*
9	2,906	6,63	
10	2,588	5,26	3,2772
11	2,305	4,17	4,1339
12	2,053	3,31	5,21
13	1,828	2,62	6,572
14	1,628	2,08	8,284
15	1,45	1,65	10,45
16	1,291	1,31	13,18
17	1,15	0,04	16,614

(*včetně izolace)

18	1,02362	0,823	20,948
19	0,9116	0,653	26,414
20	0,8128	0,518	33,301
21	0,7229	0,41	41,995
22	0,6438	0,326	52,953
23	0,5733	0,258	66,798
24	0,5106	0,205	84,219
25	0,4547	0,162	106,201
26	0,4049	0,129	133,891
27	0,3606	0,102	168,865
28	0,3211	0,081	212,927
29	0,2859	0,0642	268,471
30	0,2546	0,0509	338,583
31	0,2268	0,0404	426,837
32	0,2019	0,032	538,386
33	0,1798	0,0254	678,806
34	0,1601	0,0201	833
35	0,1426	0,016	1085,958
36	0,127	0,0127	1360,892
37	0,1131	0,01	1680,118
38	0,1007	0,00797	2127,953
39	0,08969	0,00632	2781,496
40	0,07987	0,00501	3543,307

Tabulka 18, parametry AWG.

12. Testy strukturované kabeláže

Pro testování strukturované kabeláže byly vybrány následující kabely:

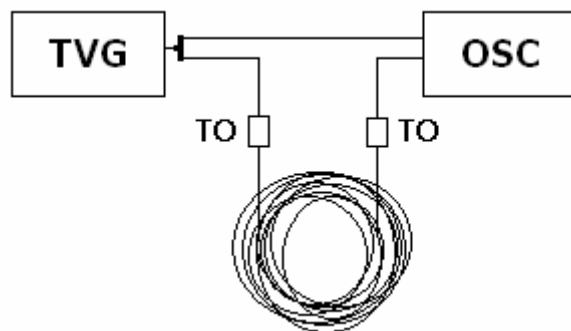
Datový kabel (Kategorie 6)	MediaTwist®	TYCO AMP
Tento kabel patří mezi moderní druhy strukturované kabeláže. Mezi jednotlivými páry má mřížku, viz kapitola 8. Kabel UTP, AWG24, Kategorie 6, testovaná šířka pásma 250 MHz, 10 Gbps, impedance 100 Ω , délka 7,1 m. [25]	Jednotlivé vodiče páru jsou pevně spojeny, aby byly zajištěny stálé parametry v celé jeho délce. Kabel ovšem neobsahuje žádnou mřížku mezi páry. Navíc je navržen tak, aby byl co nejvíce odolný vůči pohybu páru při instalaci. Kabel UTP, AWG23, Kategorie 6, testovaná šířka pásma 350 MHz, 1 Gbps, impedance 100 Ω , délka 89,6 m. [26]	Kabel kategorie S/STP. AWG 22, Kategorie 7a, testovaná šířka pásma 1200 MHz, 10 Gbps, impedance 100 Ω , délka 89 m. [27]

Pozn. Jednotlivé typy kabelů jsou vyfoceny a uloženy na přiloženém CD (složka FOTO).

Veškeré testování probíhalo se smotaným kabelem. Tím byl simulován nejhorší případ, který by mohl nastat, protože se mezi sebou mohou ovlivňovat i jednotlivé vinutí kabelu.

Na přiloženém CD ve složce TESTY jsou provedeny testy těchto kabelů tak, jak jsou měřeny v praxi. Měření probíhalo na přístrojích FLUKE DTX 1800. Význam jednotlivých testů je podrobně rozebrán v kapitole 11 (Testované parametry strukturované kabeláže). Jak již bylo zmíněno, pokud jen jediný parametr kabelu nesplňuje normu, je celé jeho testování vyhodnoceno jako nevyhovující normě a je třeba sjednat nápravu. Tím, že to bylo pouze pokusné měření (např. s kabelem, který byl delší, než povoluje norma), byly některé testy vyhodnoceny jako nevyhovující normě.

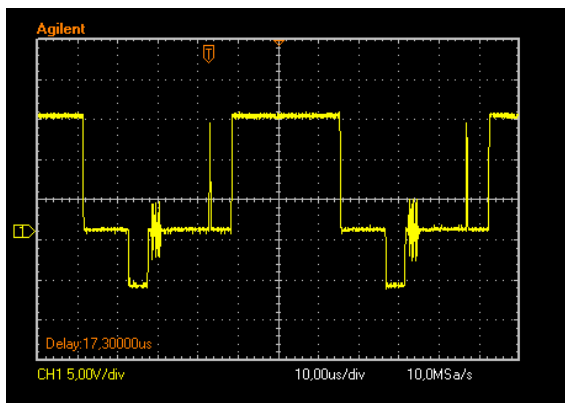
Další druh testování již probíhal podle principálního schématu znázorněného na Obrázek 30. Jako vstup signálu slouží televizní generátor PROMAX GV-698, jenž generoval televizní signál v základním pásmu ($f=49,75\text{MHz}$). Tento signál byl připojen na osciloskop Agilent Technologies DSO 3202A (max 200 MHz). Na jeho první kanál byl přiveden vždy přímo signál z generátoru (žlutá barva) a na druhý kanál byl připojen signál, který procházel daným kabelem s příslušným zakončením (TO) na obou koncích (zelená barva).



Obrázek 30, schéma zapojení: TVG+kabel+OSC.

Jako nejvhodnější signál na toto demonstrativní měření byl vybrán patern (vzor obrazu) F4, viz Obrázek 31, Obrázek 32. Byl vybrán, protože kromě sestupné a nástupné hrany obsahuje též úzký impulz, který je pro takovýto druh měření velmi vhodný.

Signál zobrazený na osciloskopu (časová oblast): Signál zobrazený v přijímači (obraz např. v TV):



Obrázek 31, F4 v časové oblasti.



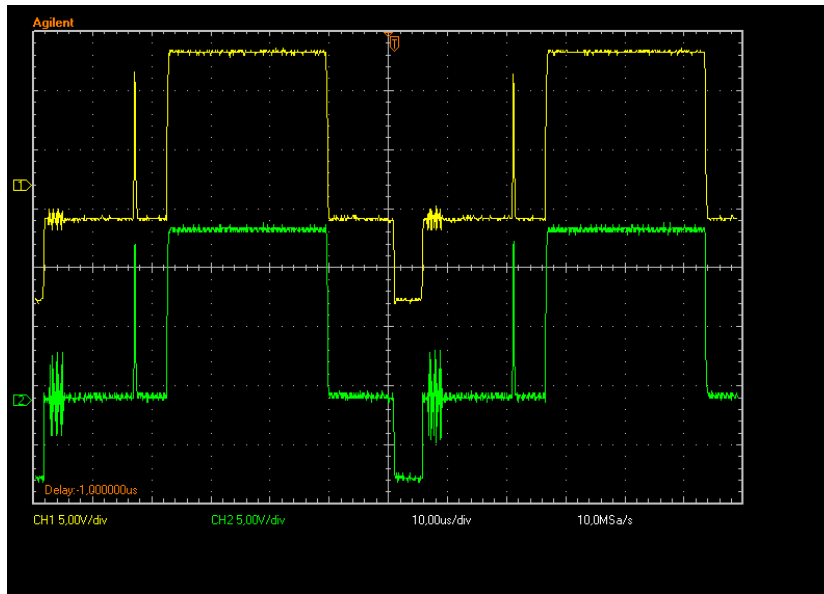
Obrázek 32, F4 zobrazený na TV.

- TO: Konektor v podobě TV antény zásuvky (TV plug).

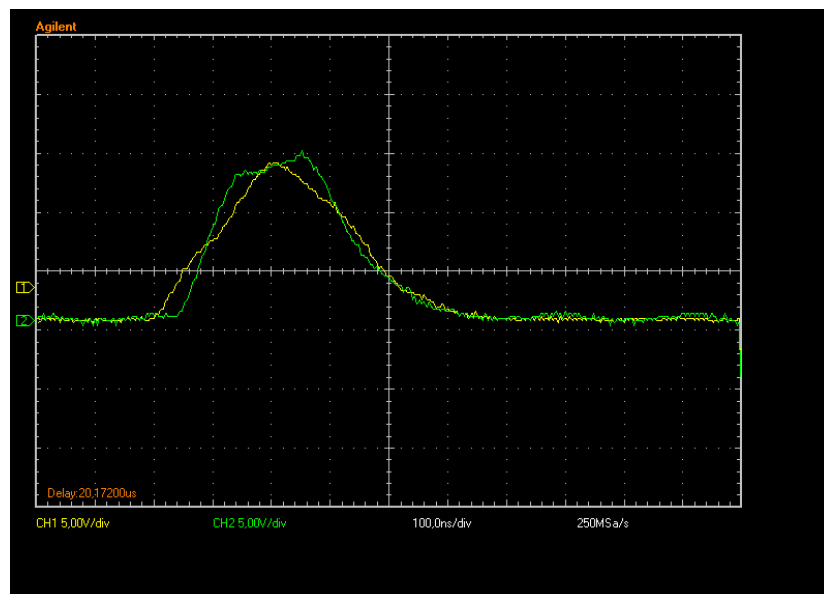
Kat. 6			MediaTwist			S/STP		
	CH1	CH2		CH1	CH2		CH1	CH2
Vpp	2,18E+01	2,18E+01	Vpp	5,12E+00	6,64E-01	Vpp	2,20E+01	3,00E+00
Vmax	1,14E+01	1,46E+01	Vmax	3,52E+00	5,60E-01	Vmax	1,46E+01	1,72E+00
Vmin	-1,04E+01	-7,20E+00	Vmin	-1,60E+00	-1,04E-01	Vmin	-7,40E+00	-1,28E+00
Vavg	2,81E+00	5,93E+00	Vavg	6,76E-01	1,91E-01	Vavg	4,85E+00	4,66E-01
Vamp	1,41E+01	1,41E+01	Vamp	3,32E+00	3,76E-01	Vamp	1,41E+01	3,00E+00
Vtop	1,11E+01	1,42E+01	Vtop	3,35E+00	4,99E-01	Vtop	1,41E+01	1,72E+00
Freq	1,71E+04	1,71E+04	Freq	1,79E+05	1,75E+05	Freq	1,56E+04	1,56E+04
Rise Time	1,56E-07	7,60E-08	Rise Time	6,00E-06	5,80E-06	Rise Time	5,90E-06	2,40E-05
Fall Time	2,26E-07	1,64E-07	Fall Time	2,01E-04	2,14E-04	Fall Time	1,58E-05	1,58E-05
Period	5,84E-05	5,84E-05	Period	5,60E-06	5,70E-06	Period	6,40E-05	6,40E-05
Delay	2,00E-08		Delay	5,03E-07		Delay	2,40E-08	

Tabulka 19, srovnání kabelů s TV plug zakončením.

- Kategorie 6

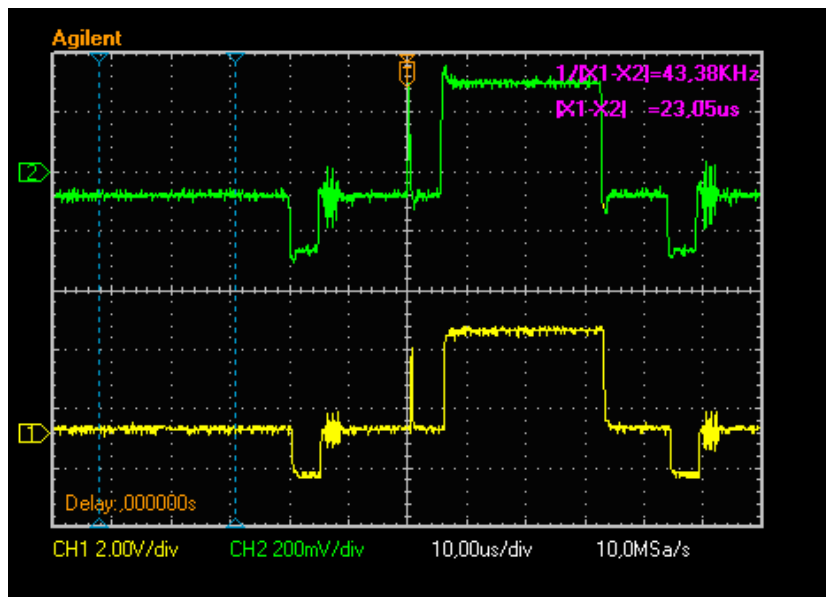


Obrázek 33, Kat. 6-celkový pohled na periody.

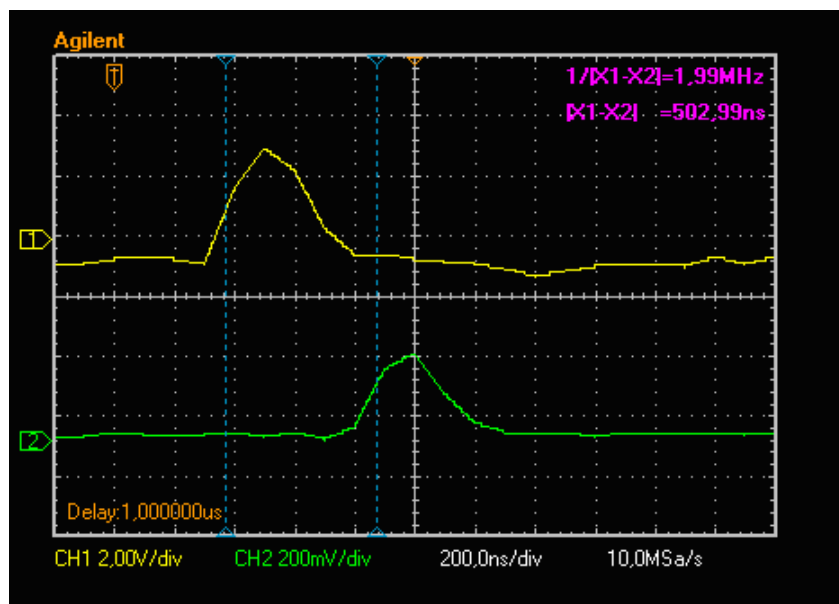


Obrázek 34, Kat. 6-detailní pohled na úzký impuls.

- MediaTwist

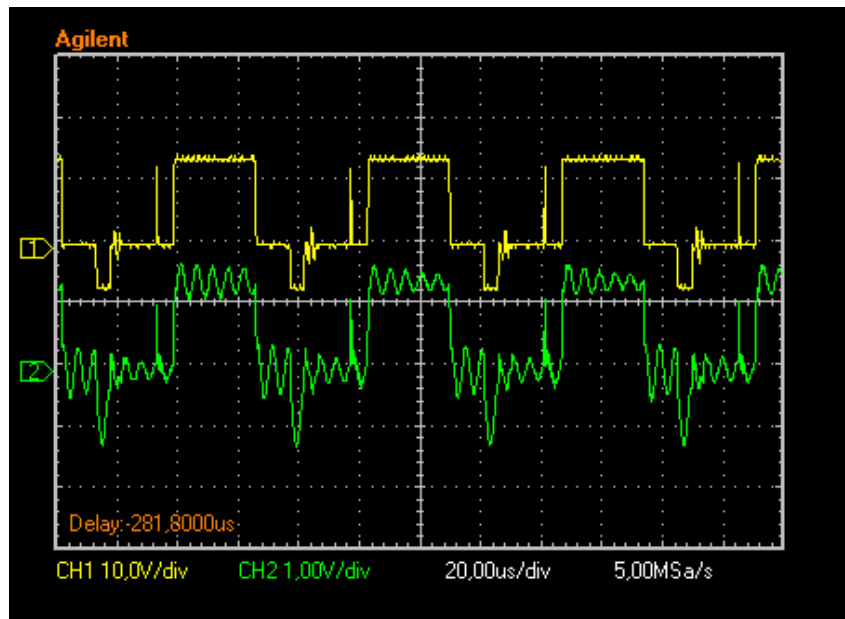


Obrázek 35, MediaTwist-celkový pohled na periodu.

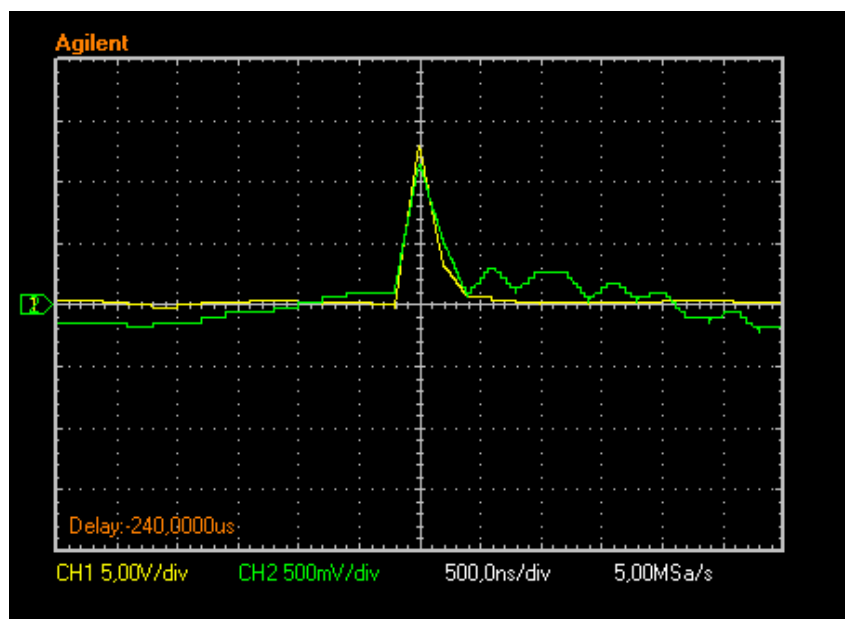


Obrázek 36, MediaTwist-detailní pohled na úzký impuls.

- S/STP



Obrázek 37, S/STP-celkový pohled na periody.



Obrázek 38, S/STP-detailní pohled na úzký impulz.

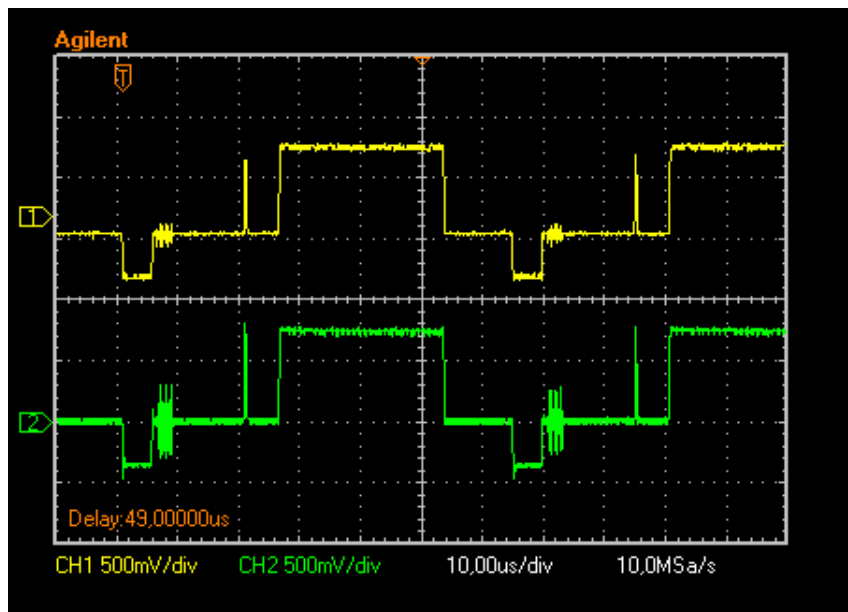
Z výše uvedených obrázků pro kabel Kategorie 6 je vidět, že na relativně krátké vzdálenosti je signál téměř bez zkreslení a bez zpoždění. Signál po průchodu kabelem MediaTwist stále zachovává tvar, ovšem velikost signálu klesla zhruba o jeden řád níže. Je zde též patrné zpoždění signálu. Na výstupu kabelu S/STP je též signál o řád nižší, není zde však téměř žádné zpoždění, ovšem je na něm vidět, že se během přenosu k tomuto signálu namoduloval šum, který původní signál téměř znehodnotil.

- TO: RCA konektor.

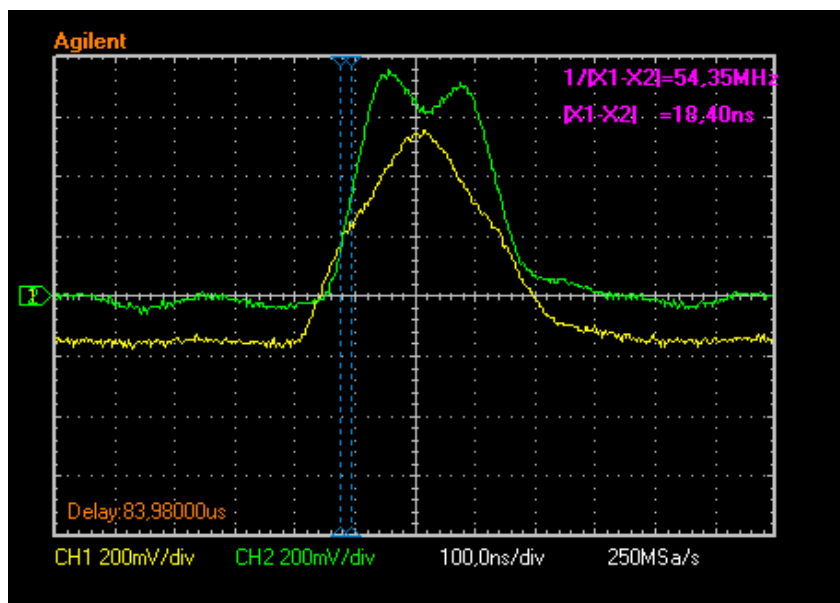
Kategorie 6			MediaTwist		
	CH1	CH2		CH1	CH2
Vpp	1,16E+00	1,28E+00	Vpp	1,20E+00	1,46E+00
Vmax	6,00E-01	7,80E-01	Vmax	6,40E-01	9,80E-01
Vmin	-5,60E-01	-5,00E-01	Vmin	-5,60E-01	-4,80E-01
Vavg	8,36E-02	2,52E-01	Vavg	1,07E-01	2,73E-01
Vamp	7,21E-01	1,10E+00	Vamp	7,19E-01	7,34E-01
Vtop	5,54E-01	7,32E-01	Vtop	5,54E-01	7,29E-01
Frequency	1,79E+05	1,57E+04	Frequency	1,56E+04	1,79E+05
Rise Time	1,47E-07	7,00E-08	Rise Time	6,20E-06	5,80E-06
Fall Time	1,90E-07	1,70E-07	Fall Time	9,80E-07	2,00E-07
Period	5,60E-06	6,39E-05	Period	6,40E-05	5,60E-06
Delay	1,84E-08		Delay	3,68E-08	

Tabulka 20, srovnání kabelů s RCA zakončením.

- Kategorie 6

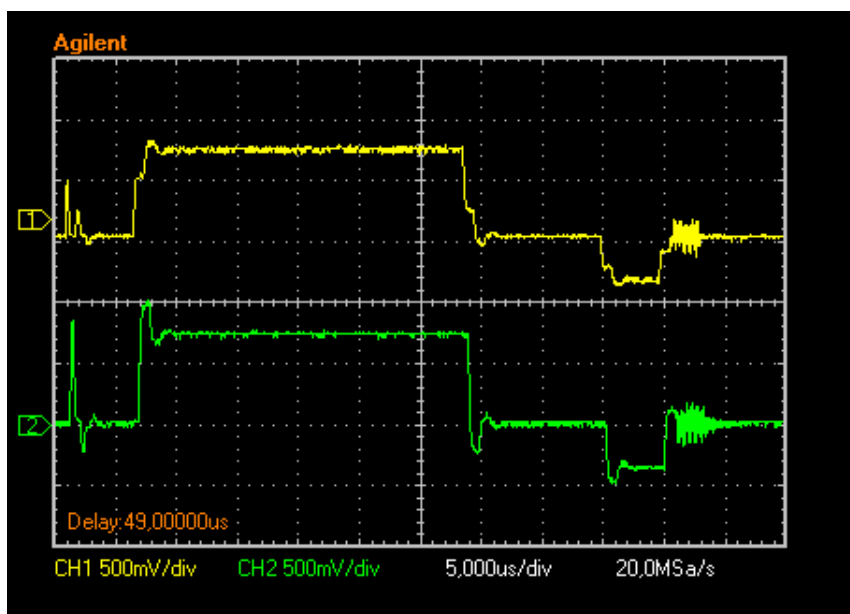


Obrázek 39 , Kat. 6-celkový pohled na periodu.

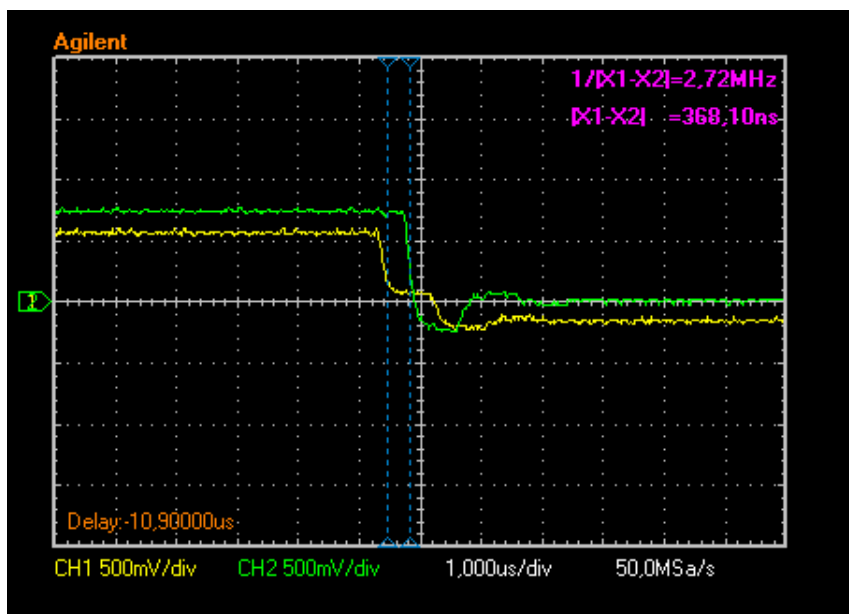


Obrázek 40 , Kat. 6-detailní pohled na úzký impuls.

- MediaTwist



Obrázek 41, MediaTwist-celkový pohled na periodu.



Obrázek 42 , MediaTwist-detailní pohled na úzký impuls.

V tomto zapojení pro kabel Kategorie 6 je opět vidět, že na relativně krátké vzdálenosti je signál téměř bez zkreslení a bez zpoždění, i když je signál zkreslen o něco více než v minulém případě. Signál na výstupu kabelu MediaTwist zachovává zhruba stejnou velikost. Signál si též zachoval původní tvar, ale při velkých a rychlých změnách se projevují kapacitní a induktivní vazby vedení. Je patrné též zpoždění signálu.

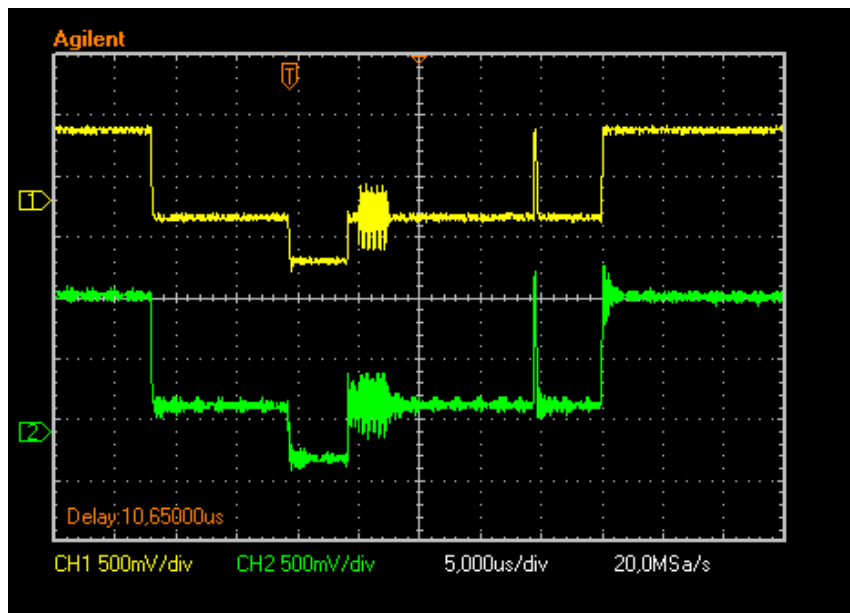
- TO: S-video konektor.

Jak již bylo zmíněno v kapitole 9, S-video signál je přenášen ve dvou složkách. Zde je uvedena pouze složka jasová, ve které jsou patrné zkoumané parametry. Nicméně barevná složka byla též změřena a je uvedena na příloženém CD (složka MERENI).

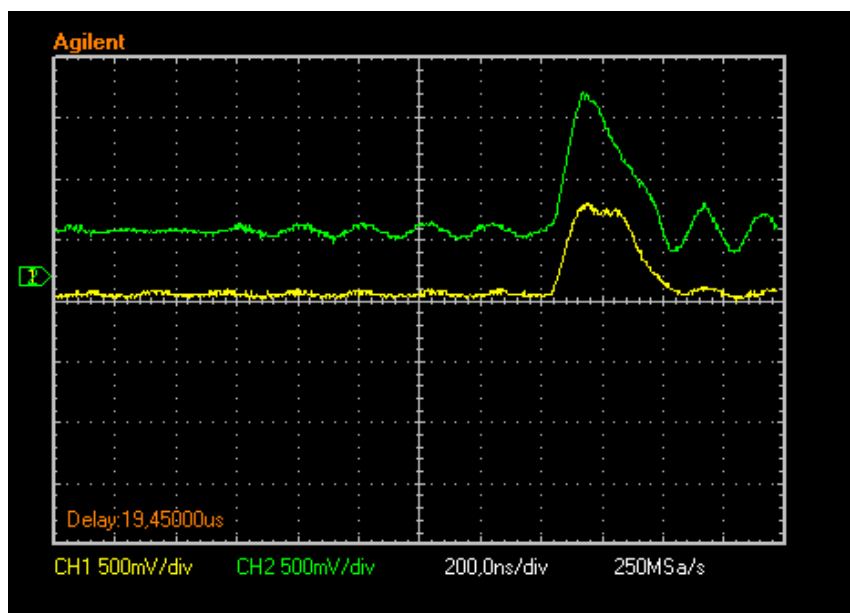
	Kategorie 6		MediaTwist		
	CH1	CH2		CH1	CH2
Vpp	1,88E+00	1,68E+00	Vpp	2,72E+00	1,14E-02
Vmax	9,80E-01	1,86E+00	Vmax	1,68E+00	6,00E-04
Vmin	-9,00E-01	1,80E-01	Vmin	-1,04E+00	-1,08E-02
Vavg	2,26E-01	1,08E+00	Vavg	4,44E-01	-4,91E-03
Vamp	1,20E+00	1,68E+00	Vamp	1,34E+00	6,14E-03
Vtop	9,28E-01	1,86E+00	Vtop	1,19E+00	-1,90E-03
Frequency	1,71E+04	1,56E+04	Frequency	1,56E+04	3,17E+04
Rise Time	9,80E-08	7,10E-08	Rise Time	2,31E-05	1,65E-05
Fall Time	1,32E-07	8,00E-08	Fall Time	1,24E-05	1,10E-06
Period	5,84E-05	6,40E-05	Period	6,40E-05	3,16E-05
Delay	1,07E-05		Delay	6,20E-06	

Tabulka 21, srovnání kabelů s S-video zakončením.

- Kategorie 6

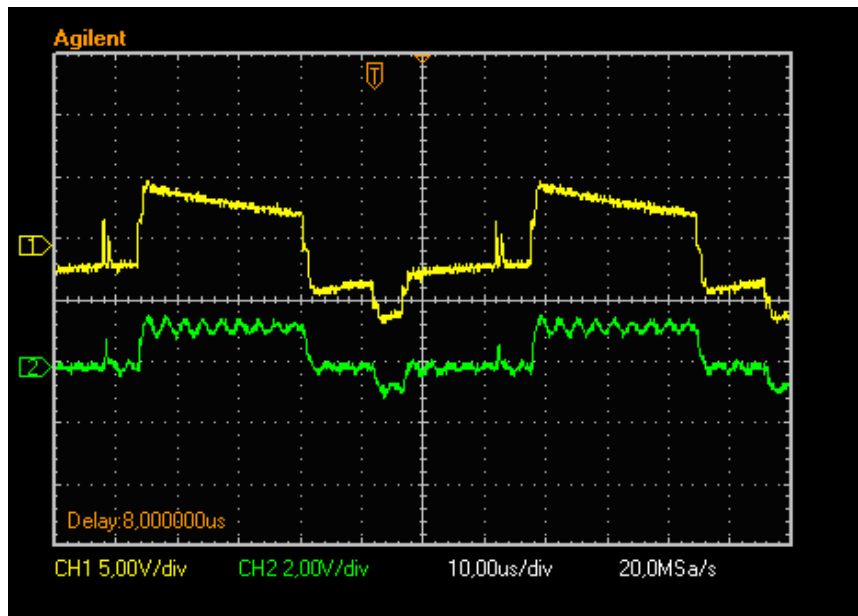


Obrázek 43, Kat. 6-celkový pohled na periodu.

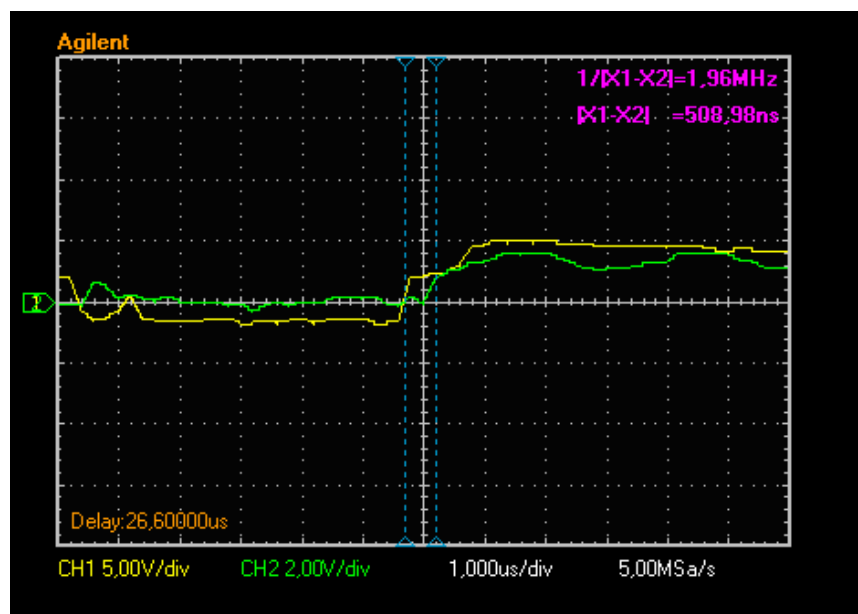


Obrázek 44, Kat. 6-detailní pohled na úzký impuls.

- MediaTwist



Obrázek 45, MediaTwist-celkový pohled na periodu.



Obrázek 46, MediaTwist-detailní pohled na úzký impuls.

V tomto zapojení pro kabel Kategorie 6 je vidět v jasové složce lehké zvlnění již na krátkou vzdálenost, ovšem signál je stále velmi kvalitní a bez zpoždění. Stejný signál na výstupu kabelu MediaTwist zachovává podobný tvar, je téměř bez zpoždění, ale signál je o dva řády nižší. Proto je už na vzdálenost 89 metrů kabel nevhodný.

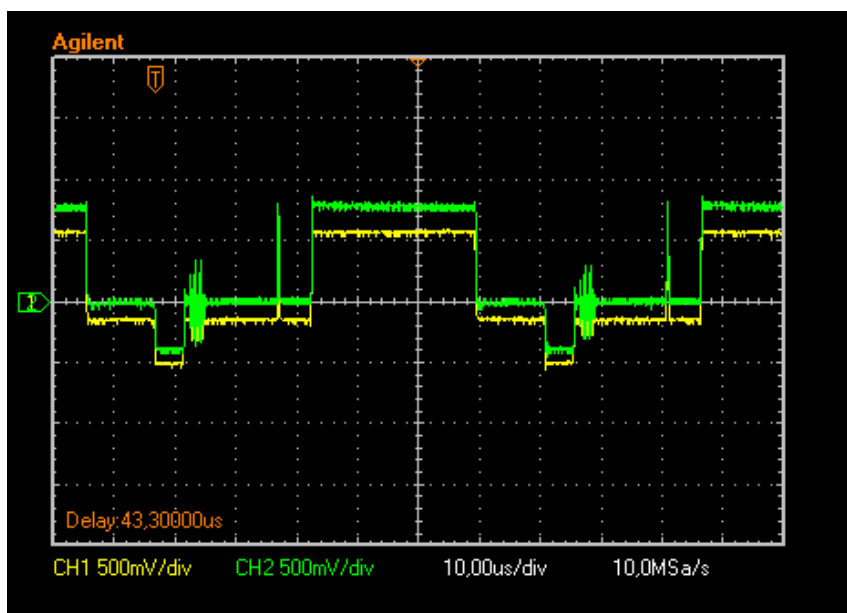
- TO: Konektor Kategorie 6.

Při tomto testu byl na jeden pár přiveden testovací signál přes TO jack 8P8C. Na výstupu kabelu byl přes stejné TO měřen přijatý signál.

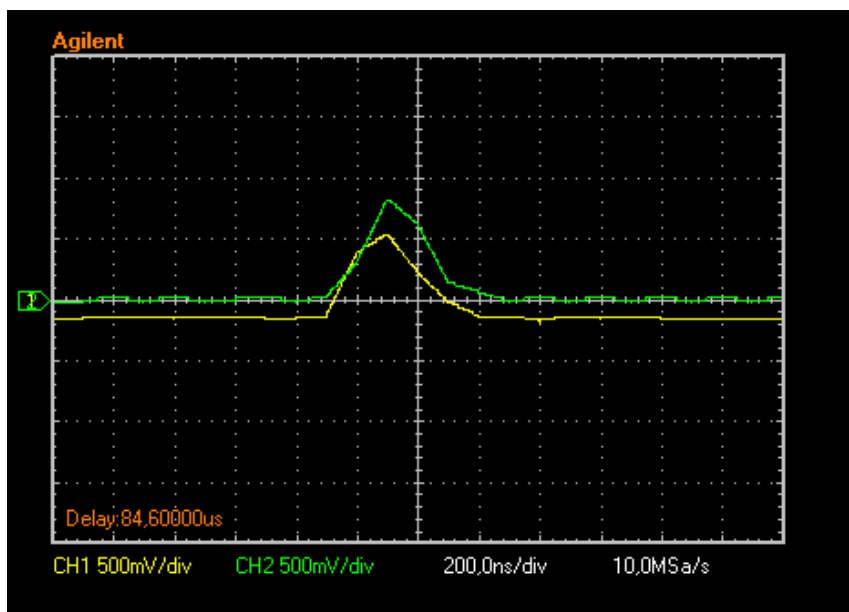
Kategorie 6			MediaTwist		
	CH1	CH2		CH1	CH2
Vpp	1,16E+00	1,32E+00	Vpp	1,14E+00	2,00E+00
Vmax	5,80E-01	8,40E-01	Vmax	5,80E-01	1,32E+00
Vmin	-5,80E-01	-4,80E-01	Vmin	-5,60E-01	-6,80E-01
Vavg	7,70E-02	2,44E-01	Vavg	1,14E-01	2,91E-01
Vamp	7,22E-01	7,67E-01	Vamp	7,17E-01	2,00E+00
Vtop	5,48E-01	7,46E-01	Vtop	5,41E-01	1,32E+00
Frequency	1,79E+05	1,79E+05	Frequency	1,79E+05	1,56E+04
Rise Time	5,85E-06	5,80E-06	Rise Time	5,85E-06	6,26E-05
Fall Time	<5,000e-07	<5,000e-07	Fall Time	3,20E-05	3,78E-05
Period	5,60E-06	5,60E-06	Period	5,60E-06	6,41E-05
Delay	3,60E-08		Delay	1,00E-08	

Tabulka 22, srovnání kabelů s 8P8C zakončením.

- Kategorie 6

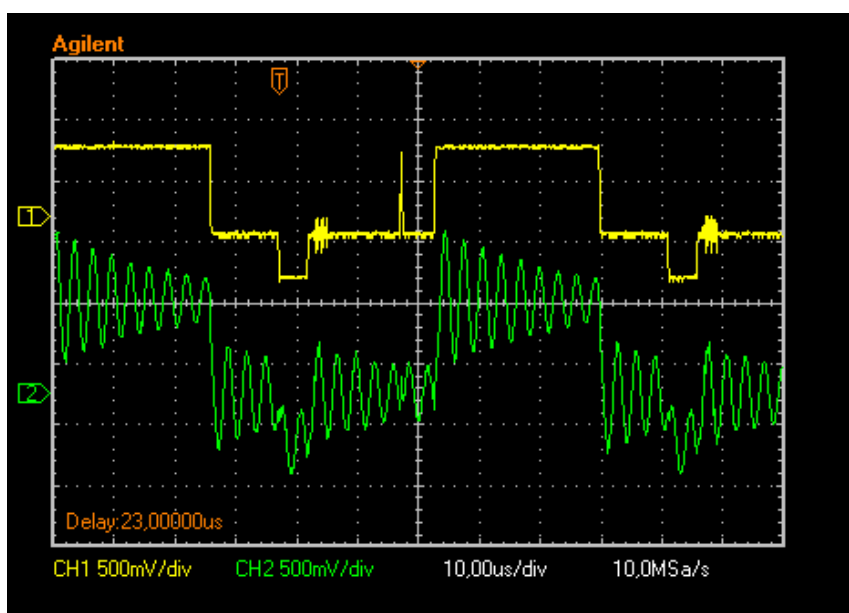


Obrázek 47, Kat. 6-celkový pohled na periodu.

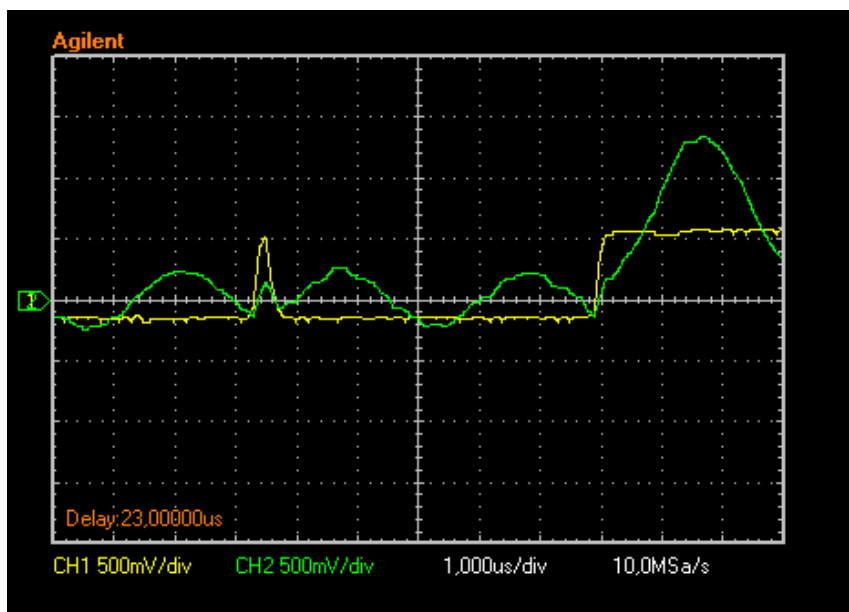


Obrázek 48, Kat. 6-detailní pohled na úzký impuls.

- MediaTwist



Obrázek 49, MediaTwist-celkový pohled na periodu.



Obrázek 50, MediaTwist-detailní pohled na úzký impulz.

V tomto zapojení pro kabel Kategorie 6 je opět vidět, že na relativně krátké vzdálenosti je signál téměř bez zkreslení a bez zpoždění. Signál na výstupu kabelu MediaTwist je sice řádově stejně velký, ale je velmi zkreslený, pravděpodobně je to způsobeno interferencí signálu. Zdroj signálu má vstupní impedanci 75 Ω , kdežto kabel má impedanci 100 Ω . Jak je patrné z detailního pohledu, je sice téměř bez zpoždění, ale interference způsobila, že kabel zapojený v tomto zapojení nelze pro tento signál použít.

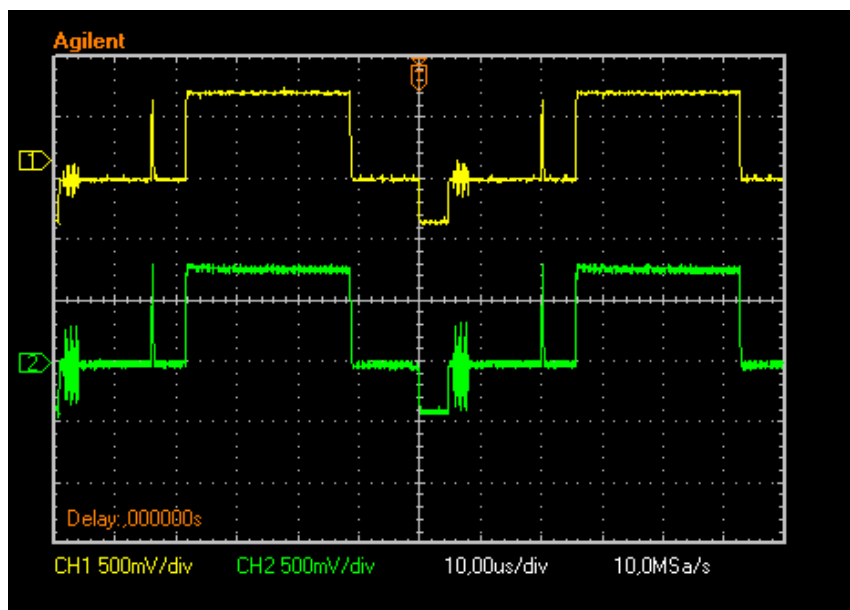
- TO: 10 GE konektor (Kategorie 6).

Při tomto testu byl na jeden pár přiveden testovací signál přes TO jack 8P8C. Na výstupu kabelu byl přes stejné TO měřen přijatý signál.

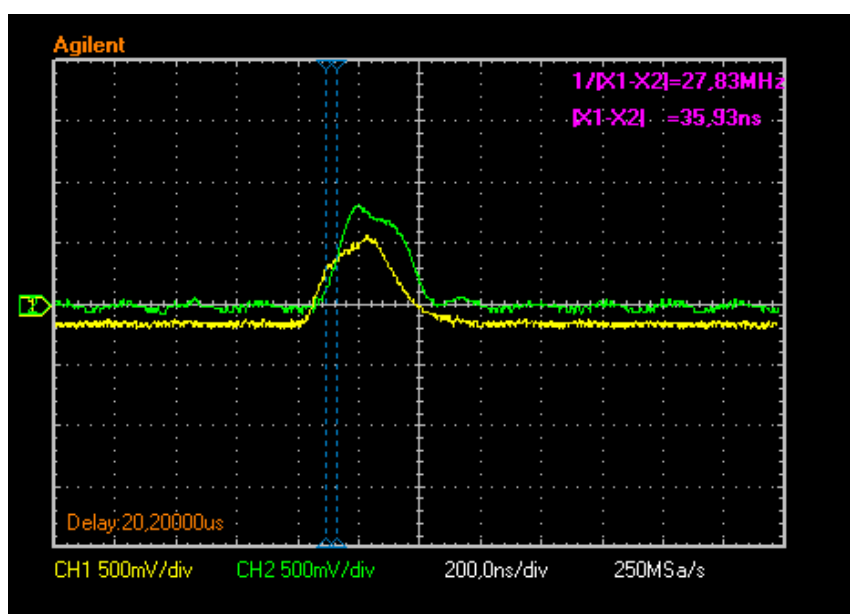
Kategorie 6			MediaTwist		
	CH1	CH2		CH1	CH2
Vpp	1,12E+00	1,32E+00	Vpp	1,14E+00	2,04E+00
Vmax	5,80E-01	8,00E-01	Vmax	5,80E-01	1,40E+00
Vmin	-5,40E-01	-5,20E-01	Vmin	-5,60E-01	-6,40E-01
Vavg	1,46E-01	3,16E-01	Vavg	1,41E-01	3,10E-01
Vamp	7,16E-01	1,27E+00	Vamp	7,22E-01	2,04E+00
Vtop	5,52E-01	7,51E-01	Vtop	5,52E-01	1,40E+00
Frequency	1,79E+05	1,56E+04	Frequency	1,79E+05	1,56E+04
Rise Time	5,95E-06	1,57E-05	Rise Time	5,90E-06	2,21E-05
Fall Time	<4,000e-07	4,39E-05	Fall Time	3,20E-05	3,76E-05
Period	5,60E-06	6,40E-05	Period	5,60E-06	6,40E-05
Delay	3,60E-08		Delay	2,00E-08	

Tabulka 23, srovnání kabelů s 8P8C (10GE) zakončením.

- Kategorie 6

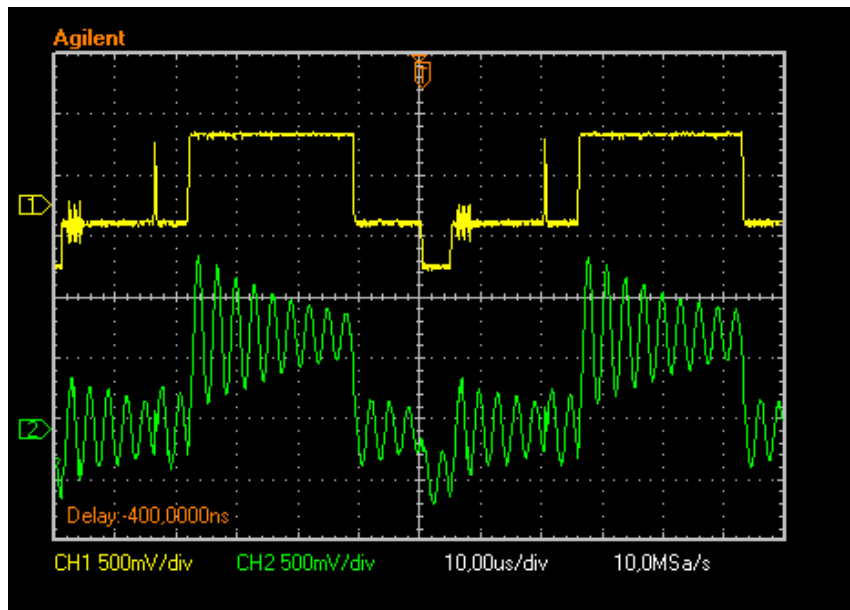


Obrázek 51, Kat. 6-celkový pohled na periodu.

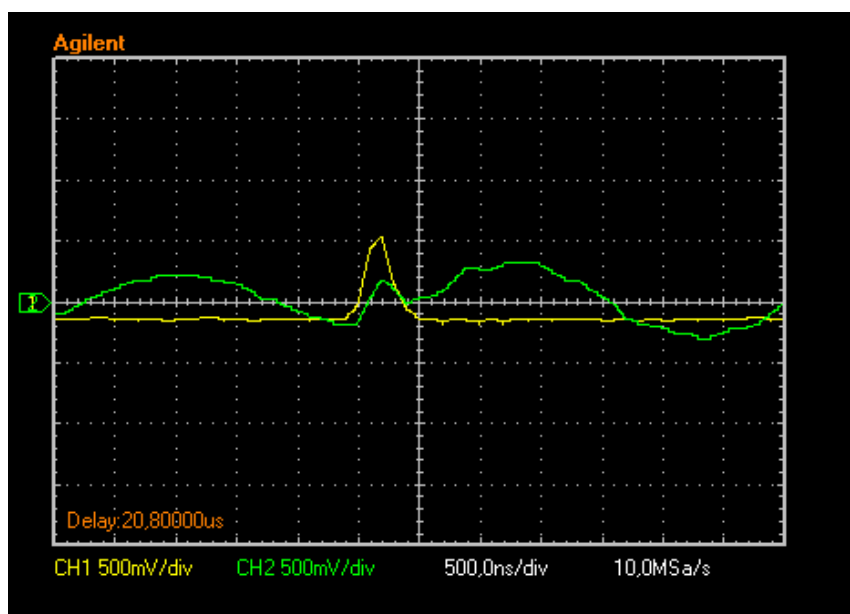


Obrázek 52, Kat. 6-detailní pohled na úzký impuls.

- MediaTwist



Obrázek 53, MediaTwist-celkový pohled na periodu.



Obrázek 54, MediaTwist-detailní pohled na úzký impulz.

V tomto zapojení, stejně jako v minulém bodě, je pro kabel Kategorie 6 vidět, že na relativně krátké vzdálenosti je signál téměř bez zkreslení a bez zpoždění. Signál na výstupu kabelu MediaTwist je sice řádově stejně velký, ale je velmi zkreslený, jak již bylo zmíněno v minulém bodě, je to pravděpodobně způsobeno interferencí signálu. Proto je kabel zapojený v tomto zapojení, s tímto signálem a na tuto vzdálenost nepoužitelný.

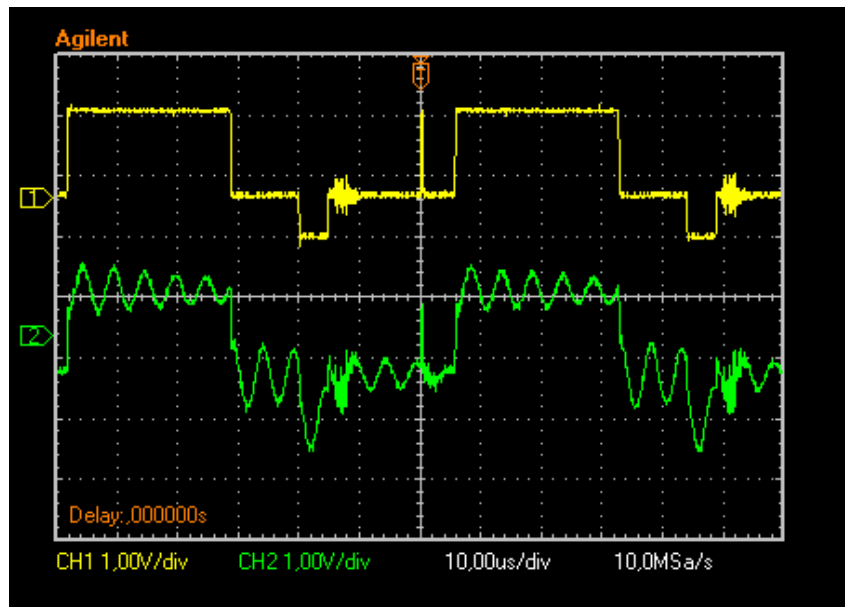
Kabel S/STP má speciální zakončení (obsahuje i plošné spoje, viz příložené CD, složka FOTO), proto nemohl být testován se stejnými koncovkami jako zbylé dva typy. Dále tedy následuje test pouze kabelu S/STP s jeho speciálními inserty (zakončeními).

Kategorie 5			Kategorie 5e			Kategorie 6		
	CH1	CH2		CH1	CH2		CH1	CH2
Vpp	2,24E+00	3,20E+00	Vpp	2,24E+00	3,24E+00	Vpp	2,20E+00	2,48E+00
Vmax	1,48E+00	1,36E+00	Vmax	1,48E+00	1,92E+00	Vmax	1,48E+00	1,24E+00
Vmin	-7,60E-01	-1,84E+00	Vmin	-7,60E-01	1,32E+00	Vmin	-7,20E-01	-1,24E+00
Vavg	5,06E-01	-4,08E-02	Vavg	4,67E-01	4,46E-01	Vavg	5,44E-01	1,26E-01
Vamp	1,40E+00	1,35E+00	Vamp	1,40E+00	3,24E+00	Vamp	1,40E+00	1,71E+00
Vtop	1,39E+00	4,48E-01	Vtop	1,38E+00	1,92E+00	Vtop	1,40E+00	1,24E+00
Freq	1,77E+05	3,18E+04	Freq	1,79E+05	1,57E+04	Freq	1,75E+05	1,56E+04
Rise Time	3,03E-06	2,75E-06	Rise Time	5,85E-06	1,82E-04	Rise Time	5,80E-06	1,85E-06
Fall Time	2,51E-05	1,50E-06	Fall Time	2,51E-05	2,67E-05	Fall Time	2,51E-05	6,20E-06
Period	5,65E-06	3,15E-05	Period	5,60E-06	6,39E-05	Period	5,70E-06	6,40E-05
Delay	2,454E-08		Delay	1,84E-08		Delay	6,14E-08	

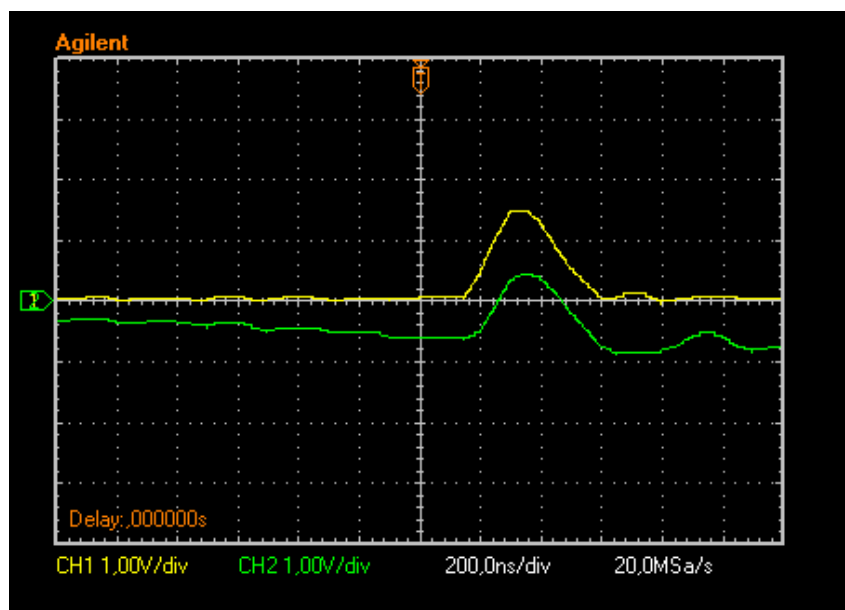
Kategorie 7			ISDN		
	CH1	CH2		CH1	CH2
Vpp	2,24E+00	3,20E+00	Vpp	2,28E+00	3,20E+00
Vmax	1,68E+00	0,00E+00	Vmax	1,48E+00	1,60E+00
Vmin	-5,60E-01	-3,20E+00	Vmin	-8,00E-01	-1,60E+00
Vavg	7,41E-01	-1,42E+00	Vavg	5,70E-01	2,07E-01
Vamp	1,40E+00	3,20E+00	Vamp	1,40E+00	3,20E+00
Vtop	1,60E+00	0,00E+00	Vtop	1,39E+00	1,60E+00
Freq	1,79E+05	2,01E+04	Freq	1,71E+04	3,19E+04
Rise Time	5,80E-06	2,51E-05	Rise Time	5,80E-06	2,51E-05
Fall Time	2,51E-05	1,66E-05	Fall Time	2,51E-05	1,68E-05
Period	5,60E-06	4,97E-05	Period	5,84E-05	3,14E-05
Delay	2,45E-08		Delay	3,07E-08	

Tabulka 24 , srovnání kabelu S/STP s různými typy zakončení.

- Kategorie 5



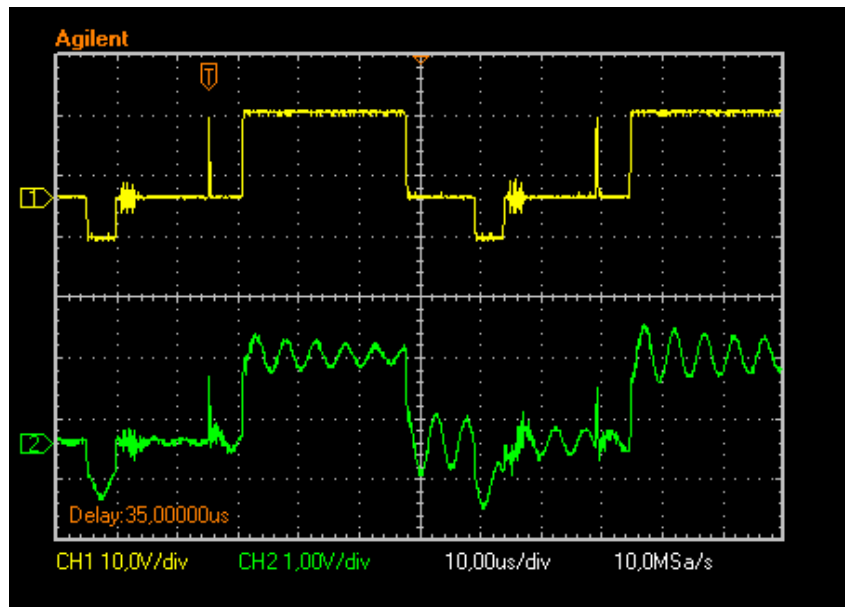
Obrázek 55, S/STP, Kat. 5-celkový pohled na periodu.



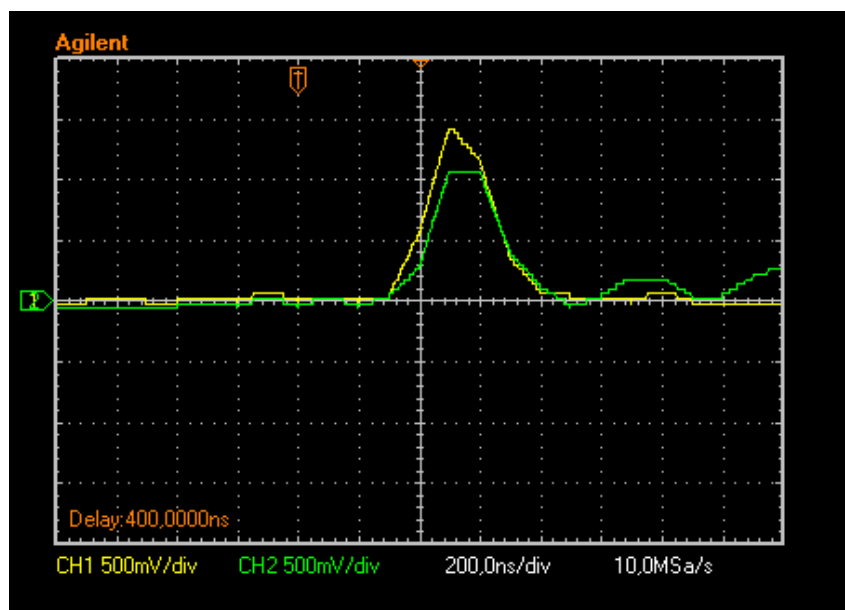
Obrázek 56, S/STP, Kat. 5-detailní pohled na úzký impuls.

Po připojení signálu k TV, TV nezobrazuje obraz.

- Kategorie 5e



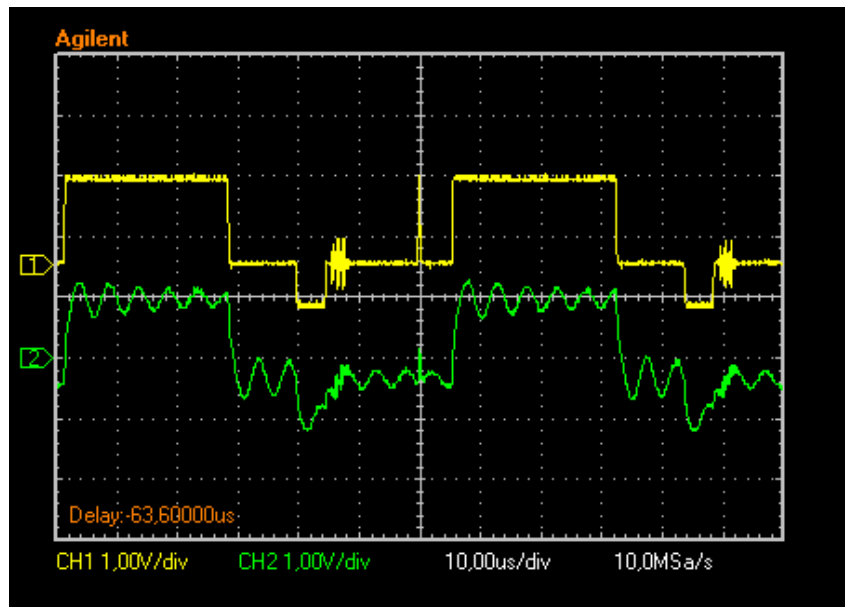
Obrázek 57, S/STP, Kat. 5e-celkový pohled na periodu.



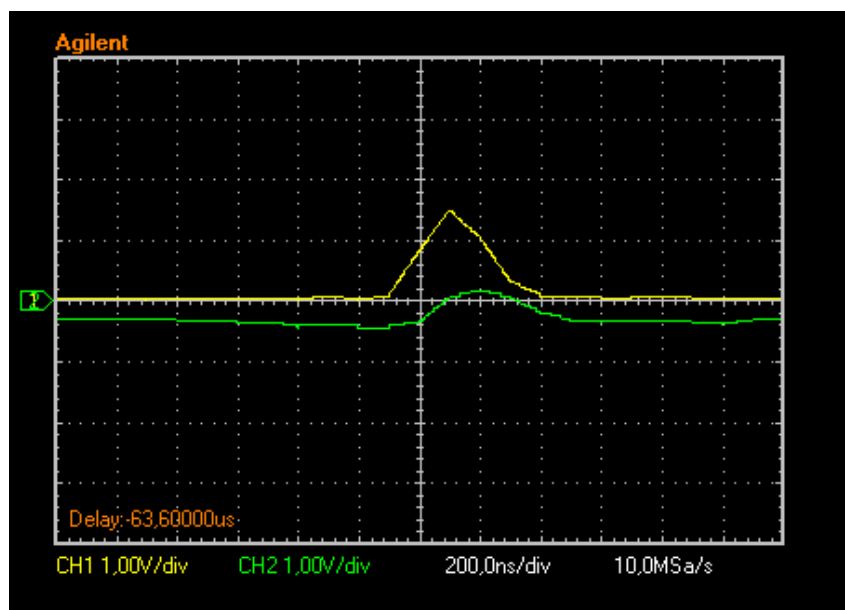
Obrázek 58, S/STP, Kat. 5e-detailní pohled na úzký impuls.

Po připojení signálu k TV, TV zobrazuje obraz.

- Kategorie 6



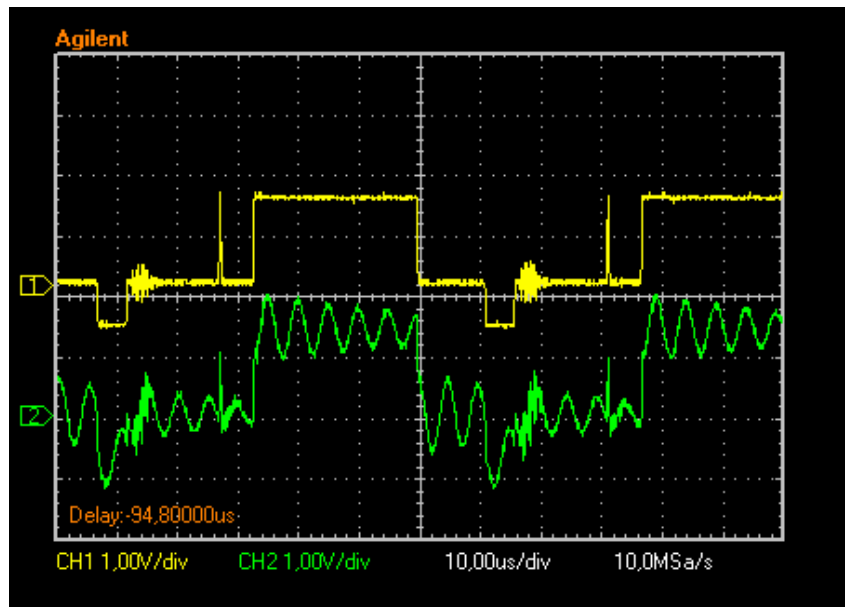
Obrázek 59, S/STP, Kat. 6-celkový pohled na periodu.



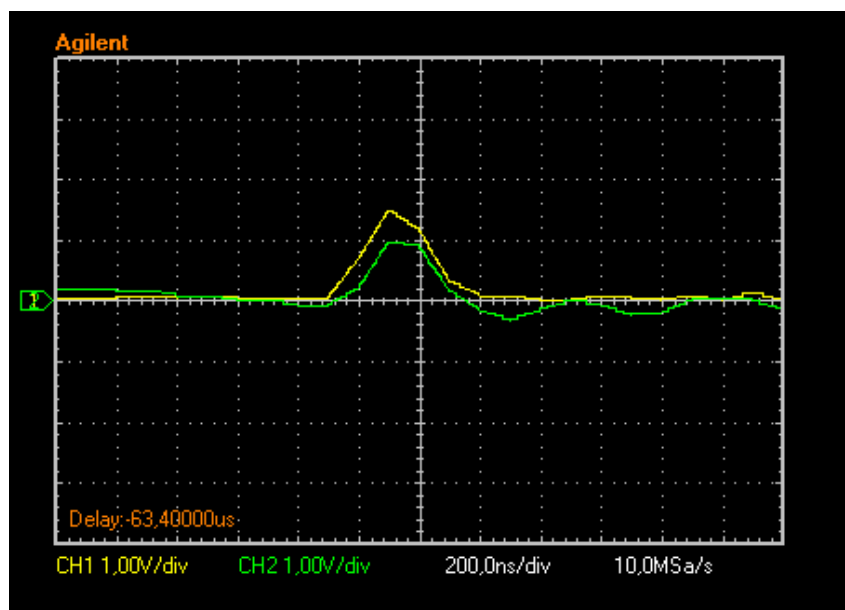
Obrázek 60, S/STP, Kat. 6-detailní pohled na úzký impuls.

Po připojení signálu k TV, TV zobrazuje velmi deformovaný obraz (nesledovatelný).

- Kategorie 7



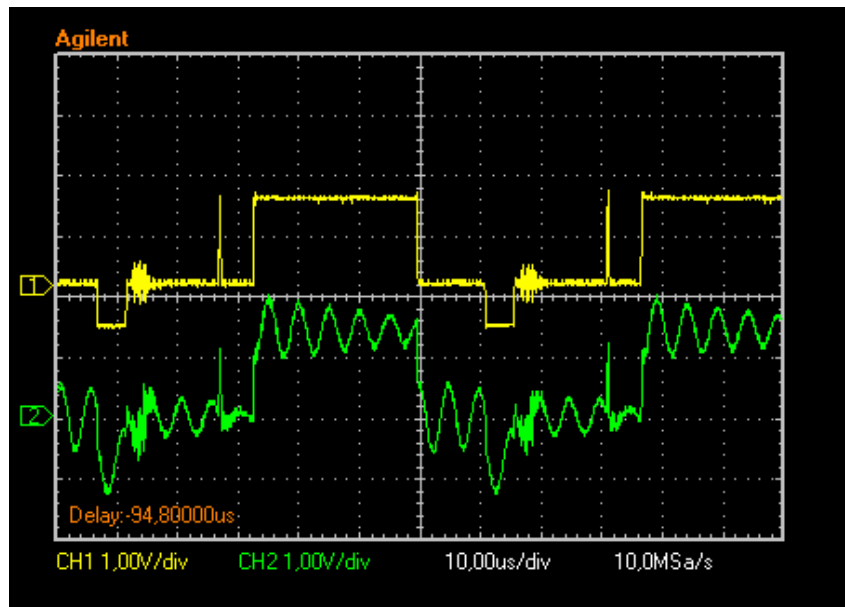
Obrázek 61, S/STP, Kat. 7-celkový pohled na periodu.



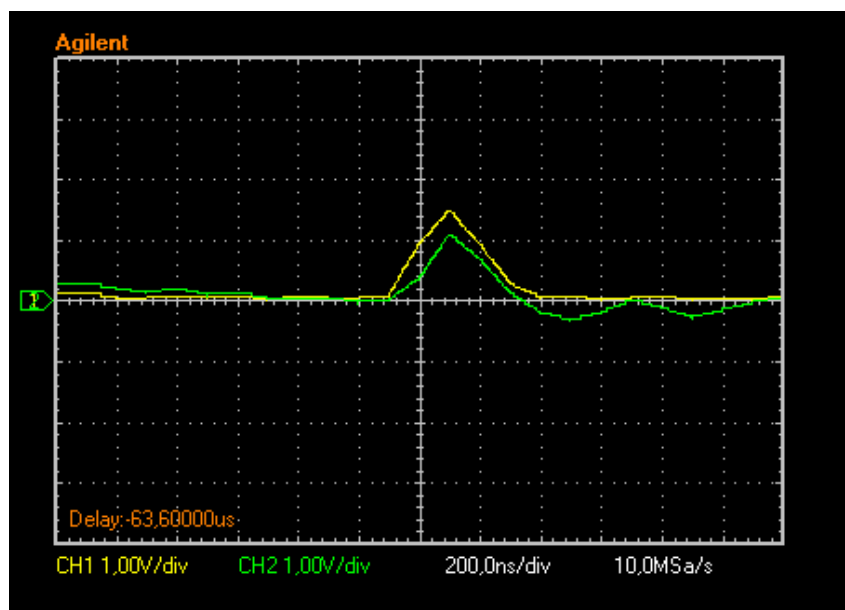
Obrázek 62, S/STP, Kat. 7-detailní pohled na úzký impulz.

Po připojení signálu k TV, TV nezobrazuje obraz.

- ISDN



Obrázek 63, S/STP, ISDN-celkový pohled na periodu.



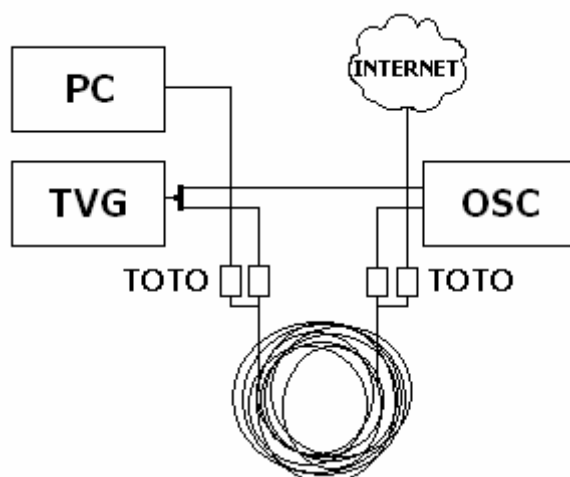
Obrázek 64, S/STP, ISDN-detailní pohled na úzký impuls.

Po připojení signálu k TV, TV zobrazuje o něco málo lepší obraz než Kategorie 6 (stále nesledovatelný).

Tabulka a obrázky výše ukazují, že signál na výstupu kabelu S/STP na vzdálenost 89 metrů je ve většině případů nepoužitelný. Velmi zajímavé je, že použitím koncovky Kategorie 5e dokáže TV daný signál rozpoznat a zobrazit obraz. Ovšem je to zřejmě spíše výjimka, protože i použitím koncovek novějších kategorií nedokáže takový signál na výstupu kabelu TV zobrazit. Například

koncovka Kategorie 6 má zpoždění největší, naopak druhé nejmenší zpoždění po Kategorii 5e má Kategorie 7. Z toho je jasně patrné, že v tomto případě téměř nezávisí na použité kategorii. Při pohledu na jednotlivé obrázky je zřejmé, že signál na výstupu kabelu zůstává ve stejném řádu, ovšem jak již bylo zmíněno v minulých bodech, tento signál není určen pro takovýto typ koncovky, proto vzniká interference a tím je toto zapojení pro testovaný signál nepoužitelné.

V další části měření bylo zjišťované, zda je možné provozovat po jednotlivých párech různé aplikace v rámci jednoho kabelu. Jak ukazuje principiální schéma uvedené na Obrázek 65, na jeden pár kabelu byl přes TV anténní zásuvkové rozhraní posílán signál z TV generátoru a na druhý pár byl naboxován konektor jack 8P8C Kategorie 5, přes který byla posílána data. TV generátor generoval signál bílé barvy (má největší mohutnost a tedy je zde největší předpoklad, že by mohl ovlivňovat zbylé páry kabelu), po druhém páru byla provozovaná síťová komunikace (stahování/nahrávání souboru přes protokol TCP/IP).



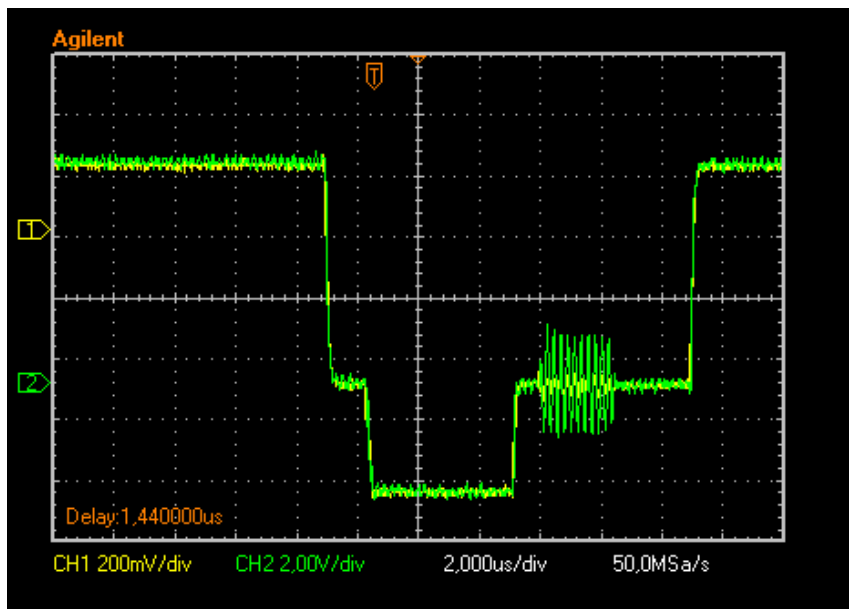
Obrázek 65, schéma Ethernet +MM signál.

Kategorie 6				MediaTwist			
		bez downloadu	s downloadem			bez downloadu	s downloadem
	CH1	CH2	CH2		CH1	CH2	CH2
Vpp	5,60E+00	5,68E-01	5,60E-01	Vpp	5,28E+00	6,64E-01	6,64E-01
Vmax	3,68E+00	1,12E-01	3,68E-01	Vmax	3,60E+00	1,68E-01	5,68E-01
Vmin	-1,92E+00	-4,56E-01	-1,92E-01	Vmin	-1,68E+00	-4,96E-01	-9,60E-02
Vavg	2,37E-01	-2,40E-01	-4,86E-01	Vavg	1,42E+00	-1,23E-01	2,70E-01
Vamp	5,22E+00	5,25E-01	5,22E-01	Vamp	4,88E+00	5,62E-01	3,81E-01
Vtop	3,53E+00	9,35E-02	3,54E-01	Vtop	3,40E+00	1,04E-01	4,97E-01
Rise Time	7,00E-08	5,95E-06	7,50E-06	Rise Time	6,10E-06	5,93E-06	5,61E-06
Fall Time	1,48E-06	1,44E-06	1,46E-06	Fall Time	1,48E-06	1,44E-06	1,88E-06

Tabulka 25 , srovnání kabelů v zapojení Kat. 5+data_parametry.

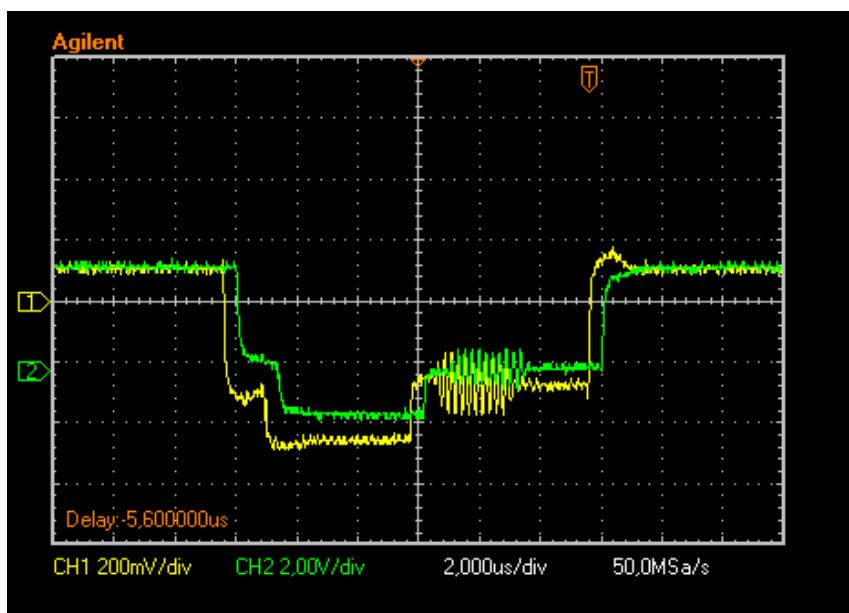
Pohled na signál bílé barvy s downloadem souboru po druhém páru (pozn. oba obrázky mají vyměněné kanály 1 a 2).

- Kategorie 6



Obrázek 66, Kat. 6-signal bílé barvy s downloadem.

- MediaTwist



Obrázek 67, MediaTwist-signal bílé barvy s downloadem.

Následující tabulka shrnuje rychlosti, kterých dosahoval FTP klient při stahování/nahrávání souboru. Rychlosti byly měřeny serverem www.rychlost.cz při stejných činnostech.

Kategorie 6			MediaTwist		
bez bíle			bez bíle		
	serverem	FTP klientem		serverem	FTP klientem
Download:	5 206,97 kB/s	5,9MB/s	Download:	5 487,39 kB/s	9,5MB/s
Upload:	1 312,55 kB/s	2,3MB/s	Upload:	3 277,19 kB/s	2,3MB/s
s bílou			s bílou		
Download:	5 128,56 kB/s	5,6MB/s	Download:	5 856,80 kB/s	6,4MB/s
Upload:	3 284,19 kB/s	2,3MB/s	Upload:	2 809,87 kB/s	1,4MB/s

Tabulka 26, srovnání kabelů v zapojení Kat. 5+data_download.

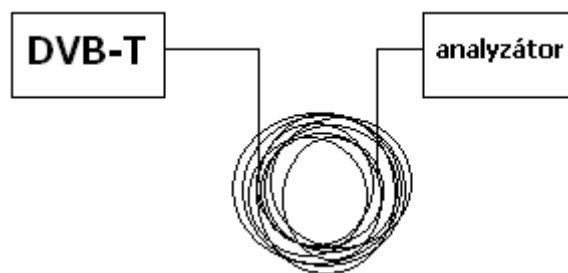
Odkazy na provedené testy pomocí výše zmíněného serveru jsou pro Kategorii 6: s bílou [21], bez bílé [22]. Pro MediaTwist: s bílou [23], bez bílé [24].

Překvapivě oba druhy kabelů vykazují minimální zkreslení tvaru signálu a to ať už se síťovou komunikací nebo bez ní, tedy že jsou minimálně ovlivňovány jednotlivé páry v jednom kabelu. Jako tradičně u Kategorie 6 je tvar signálu téměř nezkraslený. V případě MediaTwistu signál již jisté zkreslení vykazuje, opět se zde projevují kapacitní a indukční vazby.

V druhé části měření, které představuje Tabulka 26, je třeba brát naměřené hodnoty síťového provozu s velkou rezervou, protože je velmi náchylná na změny, které nemusel zrovna způsobit měřený kabel. Podstatné, co z této části vyplývá, že takovouto síťovou komunikaci je možné realizovat i přes to, že do jiného páru stejného kabelu je přiváděn jiný signál.

Měření kabelů na vysokých frekvencích.

Další test již představoval reálnou situaci. Vstupní signál reprezentoval DVB-T (Digital Video Broadcasting – Terrestrial) stream dat. Tento signál generovaly přístroje RHODE&SCHWARZ 2083.1302.02 (generuje vlastní multimediální data v podobě MPEG 2) a přístroj RHODE&SCHWARZ 2084.4005.20 (pomocí OFDM-Orthogonal frequency-division multiplexing, moduluje signál na vysoké kmitočty), více o DVB-T a OFDM zde: [28]. V tomto případě byl střední nosný kmitočet o velikosti 538 MHz (to je kanál C29 při ladění TV). Takovýto signál posléze prošel testovaným kabelem a byl vyhodnocen analyzátozem DVB-T signálu KATHREIN MSK 33. Zde již nešlo použít osciloskop, protože ten pracuje pouze do 200 MHz. Jednoduché schéma této situace představuje Obrázek 68.



Obrázek 68, schéma DVT-T+analyzátor.

	BER	SNR
	-	dB
přímo spojený vstup s výstupem	6,60E-05	31,8
Kategorie 6	7,10E-05	31,7
Mediatwist	2,80E-02	19,5
S/STP	Nazasynchronizoval	

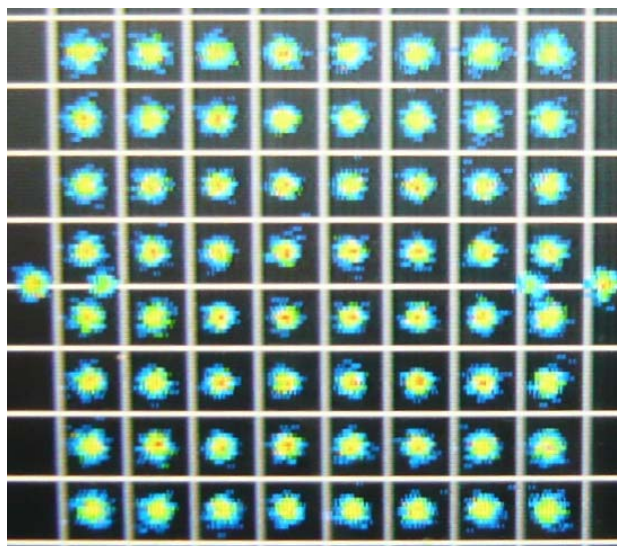
Tabulka 27, parametry DVB-T při zapojení kabelů.

SNR (Signal Noise Ratio) Odstup signál od šumu-čím větší číslo, tím lepší, viz [29].

BER (Bit Error Rate) Bitová chybovost čím menší číslo, tím lepší, viz [30].

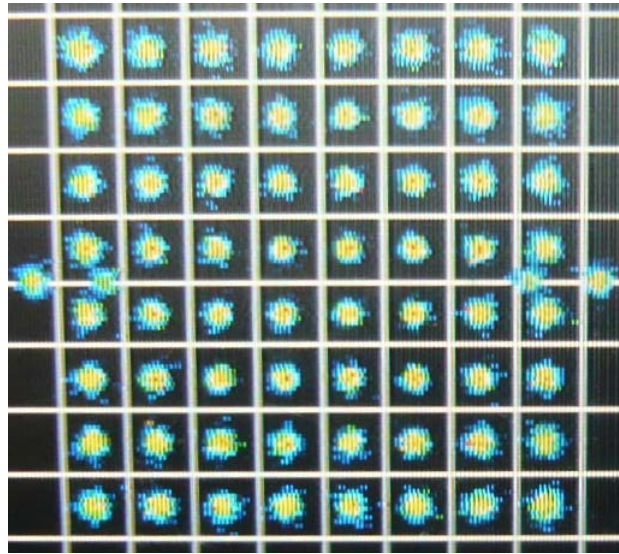
Následující obrázky představují pohled na konstelační schéma MPEG 2 signálu DVB-T přijímaného na výstupu kabelu. 4 body, které leží na ose X, představují servisní informace, potřebné pro správnou synchronizaci, informace o kanálu apod.

- Přímě propojený generátor s analyzátořem.



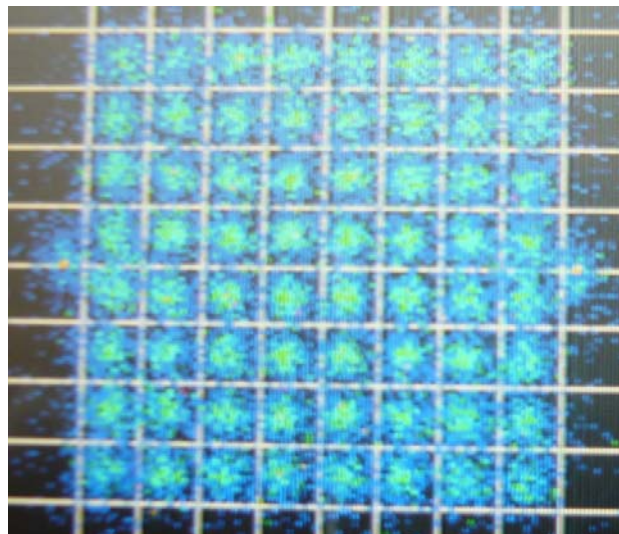
Obrázek 69, přímě-konstelační schéma MPEG 2.

- Kategorie 6



Obrázek 70, Kat. 6-konstelační schéma MPEG 2.

- Mediatwist



Obrázek 71, MediaTwist-konstelační schéma MPEG 2.

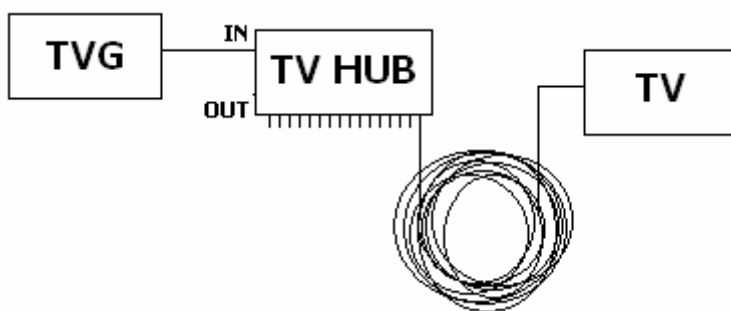
- S/STP

Tento kabel již na vzdálenost cca 89 metrů nedokázal rozpoznat přicházející signál.

Největším překvapením a zároveň zklamáním je, že kabel S/STP nedokázal na 89 metrech dokódovat přicházející signál. Kabel MediaTwist má téměř shodnou délku a přesto analyzátor signál dokázal správně dekódovat, bohužel by při takovéto chybovosti již pravděpodobně obraz nebyl zcela plynulý. Kabel Kategorie 6 se svou krátkou délkou zaznamenal pouze nepatrné zhoršení měřených parametrů.

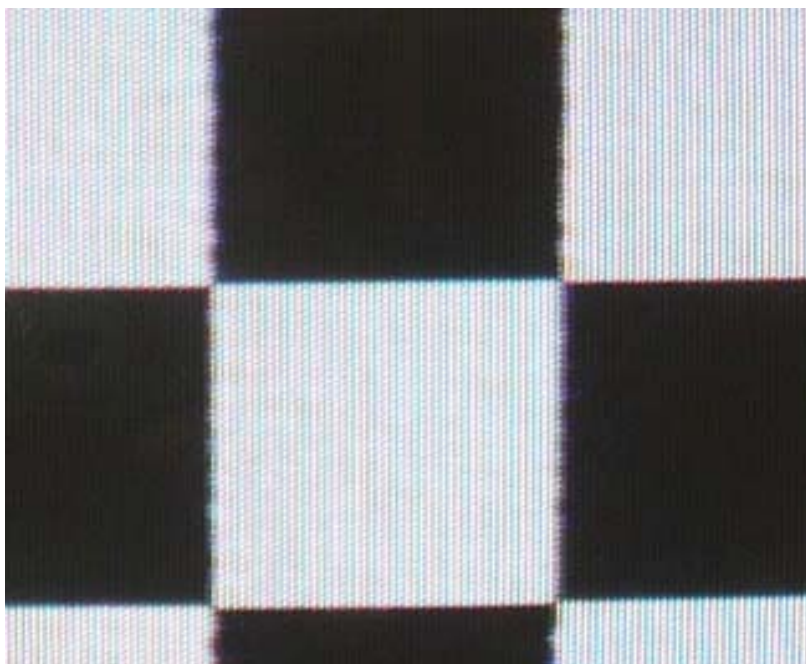
Závěrečný test představoval opět reálnou situaci a navíc i simuloval případ, pro nějž jsou tato zapojení nanejvýš vhodná a v praxi i používaná.

Byl generován televizní signál z TV generátoru PROMAX GV-698. Signál představoval patern (vzor obrazu) černo-bílé šachovnice a tentokrát byl přenášen v přeloženém pásmu, na frekvenci 471,25 MHz, což představuje kanál C21 v TV stupnici kanálů. Tento signál byl přiveden na vstup TV HUBu (rozbočovač), který signál rozesílal do všech jeho výstupních portů. Z jednoho portu byl tento signál pouštěn do testovaného kabelu a na konci byla připojena televize, na které byl přijatý signál zobrazován. Opět nešel použít osciloskop, z důvodu jeho malého frekvenčního rozsahu. Tuto situaci zachycuje Obrázek 72.



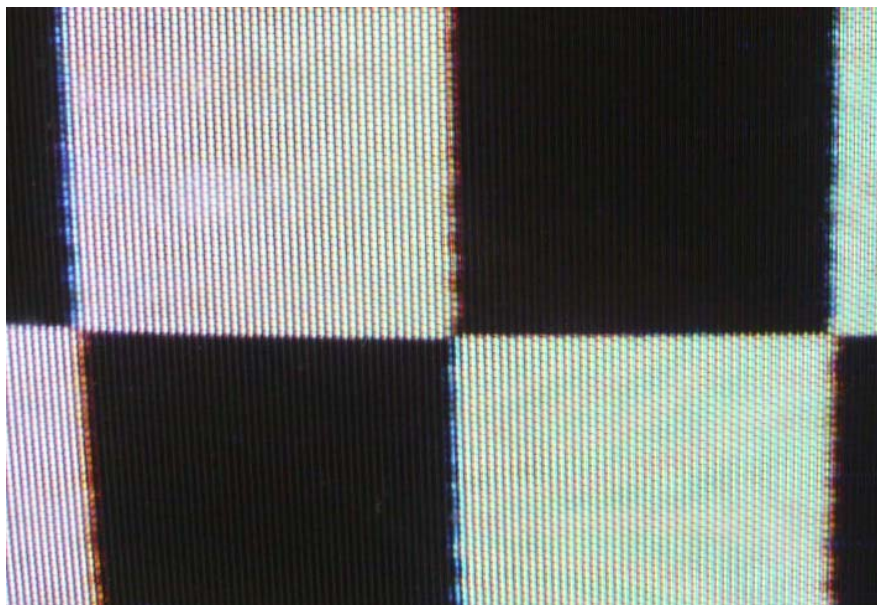
Obrázek 72, schéma TVG+TV-HUB+kabel+TV.

- Přímě propojený generátor TV signálu s TV.



Obrázek 73, přímě-TVG+TV

- Kategorie 6



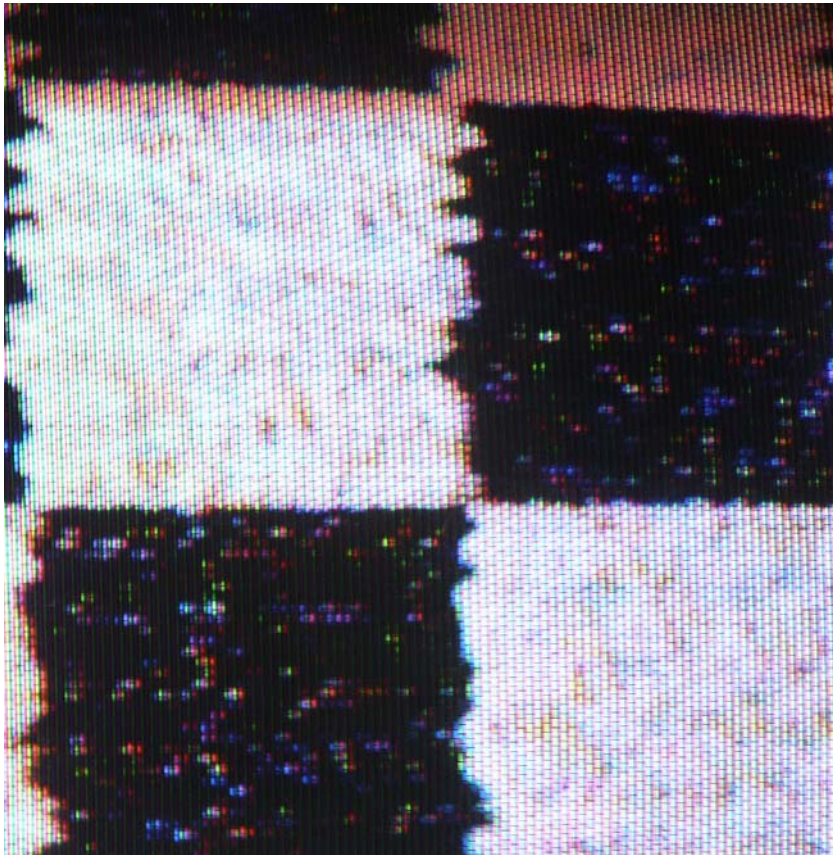
Obrázek 74, Kat. 6-TVG+TV-HUB+kabel+TV.

- MediaTwist



Obrázek 75, MediaTwist-TVG+TV-HUB+kabel+TV.

- S/STP



Obrázek 76, S/STP-TVG+TV-HUB+kabel+TV.

Z tohoto testu jasně vyplynulo, že kabel S/STP má nejhorší vlastnosti, protože přijímaný obraz je nejhorší. Obrázky, které jsou zde uvedeny, jsou zvětšeniny celkového obrazu (viz složka FOTO na příloženém CD). Z nich je zřejmé, že přímo propojený signál na TV má sice lehké zvlnění ve vertikálních přechodech, ale při běžném sledování to divák nepostřehne. Kabel Kategorie 6 má toto zvlnění již větší, ale pro běžné sledování plně dostačující, protože málokdy je v reálném obrazu takovýto přechod a je nutné jej sledovat zblízka. Kabel MediaTwist i přes velkou délku dokáže tento patern velmi pěkně zobrazit, jsou zde již jasně patrné známky deformace, ale stále by se dal s menším nekomfortem takovýto obraz sledovat. Ovšem na obraz přenášeným kabelem S/STP by se již déle dívat nedalo. Nejen že je dosti patrné zvlnění vertikálních přechodů, ale vyskytuje se zde i „zrnění“ obrazu.

13. Závěr

Normy strukturované kabeláže vůbec neuvažují možnost provozování multimediálních signálů po strukturované kabeláži. Přínosem této práce tedy je, jak dokládají výše provedené testy, že při splnění jistých podmínek lze s úspěchem multimediální signály po této kabeláži posílat. Mezi základní podmínky patří především: výběr správné koncovky, aby například nebyl posílán nevyvážený signál po vyváženém kabelu. Stejně důležitá podmínka je i délka trasy. Z Kategorie 6 lze vyčíst, že norma pro 10 GE povoluje maximální vzdálenost 55 metrů. Podobné doporučení by se dalo učinit i pro multimediální signál, protože ten nebyl primárně určen pro strukturovanou kabeláž. Dalším důležitým faktorem je vlastní provedení kabelu. Ovšem, jak testy dokázaly, neznamená to, že čím víc bude kabel chráněn proti rušení stíněním, tím lepší parametry bude vykazovat. Jak je možné vidět, kabel S/STP, ač je maximálně stíněný, nevykazuje nejlepší výsledky. Každý pár v kabelu S/STP svým stíněním představuje v podstatě jeden koaxiální kabel, ale ani tak nedosahuje vlastností jako kabel MediaTwist. Velkým překvapením bylo, jak špatně si kabel S/STP vedl, protože ten je často považován za vhodný pro podobné využití. Jak ale dokládají výsledky měření, signál po průchodu tímto typem kabelu je velmi zkreslený a často i nepoužitelný. Toto zkreslení způsobuje parazitní kapacitní vazba mezi vodičem a jeho stíněním. Proto je v praxi signál na vstupu maximálně zesílen (dovoluje to jeho velká šířka pásma), na výstupu je signál vzorkován a komparátory pak dokáží signál správně rozpoznat. Ovšem v dnešní době, kdy je na jednom z předních míst snižování nákladů na energii, je tato možnost neefektivní, protože je možno využít lepší alternativu v podobě kabelu MediaTwist.

Z jednoho testu lze rovněž vyčíst, že by se i jednotlivé páry v kabelu daly použít pro různé aplikace (tzv. rozpletení párů), ač se to v praxi nerealizuje, protože to není podporované žádnými normami. Při tomto testu byl navíc testovaný kabel zhruba 90 metrů dlouhý, což představuje maximální možnou vzdálenost definovanou v normě. Protože zbylých 10 metrů zbývá pro patch cordy na obou stranách.

Příklady, kde lze využít strukturovanou kabeláž pro multimediální data, jsou různé. Například lze po ní přenášet TV signál z antény do TV místo koaxiálního kabelu. Stačí, pokud se použije koncovka TV plug s BALUNem pro vyvážení signálu. Další možnost představuje přenos RGB signálu z PC do zpětného projektoru umístěného na stropě (v současnosti se používá tlustý, neskladný kabel, využitím strukturované kabeláže by se ušetřilo místo a peníze, protože tento kabel je velmi drahý ve srovnání se strukturovanou kabeláží). A stále by byla zajištěna dobrá kvalita signálu, protože délka kabelu při této realizaci obvykle není na hranici normy, obvykle se pohybuje kolem 20 metrů.

Výsledek této práce tedy lze shrnout v jednoznačném závěru. Multimediální signály lze na strukturované kabeláži provozovat a jako nejvhodnější typ kabelu se hodí MediaTwist. Je to dáno zřejmě jeho speciální konstrukcí, která dodržuje symetrii, a tím, že jsou jednotlivé páry pevně svázané s ostatními, navíc bez stínění. Tak jsou zaručeny stálé parametry v celé jeho délce. Ve Spojených státech amerických, kde byl tento kabel vyvinut (zde totiž vůbec stíněné kabely nepoužívají), právě vzniká nová norma pro multimediální aplikace přímo pro nestíněné kabely, a to určitě není náhoda. Takže se dá říci, že tato práce je v souladu s budoucími trendy využití nestíněných kabelů v multimediálních kabelážích.

14. Seznam obrázků

Obrázek 1, TP.	4
Obrázek 2, symetrie.	5
Obrázek 3, 8 vodičů v kabelu.....	10
Obrázek 4, T568A.....	11
Obrázek 5, T568B.....	11
Obrázek 6, struktura univerzální kabeláže.	12
Obrázek 7, hierarchická struktura univerzální kabeláže.....	12
Obrázek 8, UTP kabel.	17
Obrázek 9, UTP 6.....	17
Obrázek 10, STP kabel.....	18
Obrázek 11, FTP kabel.....	18
Obrázek 12, S/STP kabel.	19
Obrázek 13, plug.....	20
Obrázek 14, jack.	20
Obrázek 15, přímé propojení.....	21
Obrázek 16, křížové propojení.....	21
Obrázek 17, D-SUB.....	23
Obrázek 18, RCA.....	24
Obrázek 19, S-video.....	25
Obrázek 20, 3,5 mm TRS.....	25
Obrázek 21, konektor pro 10Gbps.	28
Obrázek 22, útlum.....	31
Obrázek 23, NEXT.	32
Obrázek 24, PSNEXT.....	33
Obrázek 25, ACR.....	33
Obrázek 26, FEXT.....	34
Obrázek 27, headroom.	36
Obrázek 28, Zpoždění ve skrutu.	38
Obrázek 29, Ztráta z návratu.....	38
Obrázek 30, schéma zapojení: TVG+kabel+OSC.....	41
Obrázek 31, F4 v časové oblasti.	41
Obrázek 32, F4 zobrazený na TV.....	41
Obrázek 33, Kat. 6-celkový pohled na periody.....	42
Obrázek 34, Kat. 6-detailní pohled na úzký impulz.....	42
Obrázek 35, MediaTwist-celkový pohled na periodu.	43
Obrázek 36, MediaTwist-detailní pohled na úzký impulz.	43
Obrázek 37, S/STP-celkový pohled na periody.	44
Obrázek 38, S/STP-detailní pohled na úzký impulz.	44
Obrázek 39, Kat. 6-celkový pohled na periodu.....	45

Obrázek 40 , Kat. 6-detailní pohled na úzký impulz.....	46
Obrázek 41, MediaTwist-celkový pohled na periodu.	46
Obrázek 42 , MediaTwist-detailní pohled na úzký impulz.	47
Obrázek 43, Kat. 6-celkový pohled na periodu.....	48
Obrázek 44, Kat. 6-detailní pohled na úzký impulz.....	48
Obrázek 45, MediaTwist-celkový pohled na periodu.	49
Obrázek 46, MediaTwist-detailní pohled na úzký impulz.	49
Obrázek 47, Kat. 6-celkový pohled na periodu.....	50
Obrázek 48, Kat. 6-detailní pohled na úzký impulz.....	51
Obrázek 49, MediaTwist-celkový pohled na periodu.	51
Obrázek 50, MediaTwist-detailní pohled na úzký impulz.	52
Obrázek 51, Kat. 6-celkový pohled na periodu.....	53
Obrázek 52, Kat. 6-detailní pohled na úzký impulz.....	53
Obrázek 53, MediaTwist-celkový pohled na periodu.	54
Obrázek 54, MediaTwist-detailní pohled na úzký impulz.....	54
Obrázek 55, S/STP, Kat. 5-celkový pohled na periodu.....	56
Obrázek 56, S/STP, Kat. 5-detailní pohled na úzký impulz.....	56
Obrázek 57, S/STP, Kat. 5e-celkový pohled na periodu.....	57
Obrázek 58, S/STP, Kat. 5e-detailní pohled na úzký impulz.....	57
Obrázek 59, S/STP, Kat. 6-celkový pohled na periodu.....	58
Obrázek 60, S/STP, Kat. 6-detailní pohled na úzký impulz.....	58
Obrázek 61, S/STP, Kat. 7-celkový pohled na periodu.....	59
Obrázek 62, S/STP, Kat. 7-detailní pohled na úzký impulz.....	59
Obrázek 63, S/STP, ISDN-celkový pohled na periodu.....	60
Obrázek 64, S/STP, ISDN-detailní pohled na úzký impulz.....	60
Obrázek 65, schéma Ethernet +MM signál.....	61
Obrázek 66, Kat. 6-signal bílé barvy s downloadem.....	62
Obrázek 67, MediaTwist-signal bílé barvy s downloadem.....	62
Obrázek 68, schéma DVT-T+analyzátor.....	64
Obrázek 69, přímo-konstelační schéma MPEG 2.....	64
Obrázek 70, Kat. 6-konstelační schéma MPEG 2.....	65
Obrázek 71, MediaTwist-konstelační schéma MPEG 2.....	65
Obrázek 72, schéma TVG+TV-HUB+kabel+TV.....	66
Obrázek 73, přímo-TVG+TV.....	66
Obrázek 74, Kat. 6-TVG+TV-HUB+kabel+TV.....	67
Obrázek 75, MediaTwist-TVG+TV-HUB+kabel+TV.....	67
Obrázek 76, S/STP-TVG+TV-HUB+kabel+TV.....	68

15. Seznam tabulek

Tabulka 1, výpočet impedance.....	5
Tabulka 2, shrnutí norem strukturované kabeláže.....	9
Tabulka 3, př. aplikací pro strukturovanou kabeláž.....	11
Tabulka 4, max. délky subsystémů.....	13
Tabulka 5, tabulka shrnující kategorie strukturované kabeláže.....	16
Tabulka 6, význam pinů v DE15.....	23
Tabulka 7, význam pinů v S-video.....	25
Tabulka 8, transformační tabulka PAM-5.....	27
Tabulka 9, přiřazení CATV.....	30
Tabulka 10, maximální možný útlum v závislosti na třídách.....	31
Tabulka 11, maximální meze pro NEXT v závislosti na třídách.....	32
Tabulka 12, maximální meze pro PSNEXT v závislosti na třídách.....	33
Tabulka 13, PSACR.....	34
Tabulka 14, výpočet hodnoty ELFEXT pro jednotlivé třídy.....	35
Tabulka 15, výpočet hodnoty PSELFEXT pro jednotlivé třídy.....	35
Tabulka 16, Maximální stejnosměrný odpor smyčky pro dané třídy.....	37
Tabulka 17, maximální hodnoty šíření zpoždění.....	37
Tabulka 18, parametry AWG.....	39
Tabulka 19, srovnání kabelů s TV plug zakončením.....	41
Tabulka 20, srovnání kabelů s RCA zakončením.....	45
Tabulka 21, srovnání kabelů s S-video zakončením.....	47
Tabulka 22, srovnání kabelů s 8P8C zakončením.....	50
Tabulka 23, srovnání kabelů s 8P8C (10GE) zakončením.....	52
Tabulka 24 , srovnání kabelu S/STP s různými typy zakončení.....	55
Tabulka 25 , srovnání kabelů v zapojení Kat. 5+data_parametry.....	61
Tabulka 26, srovnání kabelů v zapojení Kat. 5+data_download.....	63
Tabulka 27, parametry DVB-T při zapojení kabelů.....	64

16. Literatura

- [1] ČSN EN 50173-1 : Informační technologie – Univerzální kabelážní systémy – Část 1: Všeobecné požadavky a kancelářské prostředí. Praha : XEROX CR, s.r.o., 2003. 108 s.
- [2] ČSN EN 50174-1 : Informační technika – Instalace kabelových rozvodů – Část 1: Specifikace a zabezpečení kvality. Praha : [s.n.], 2001. 40 s.
- [3] ČSN EN 50174-2 : Informační technika – Instalace kabelových rozvodů – Část 2: Plánování instalace a postupy instalace v budovách. Praha : [s.n.], 2002. 56 s.
- [4] Osobní počítač. Wikipedie : Otevřená encyklopedie [online]. 2007 [cit. 2007-07-16]. Dostupný z WWW: http://cs.wikipedia.org/wiki/Osobní_počítač.
- [5] Kroucená dvoulinka. Wikipedie : Otevřená encyklopedie [online]. 2007 [cit. 2007-07-16]. Dostupný z WWW: <http://cs.wikipedia.org/wiki/UTP>.
- [6] Category 5 cable. Wikipedie : The Free Eyclopedia [online]. 2007 [cit. 2007-07-16]. Dostupný z WWW: http://en.wikipedia.org/wiki/Category_5_cable.
- [7] Twisted pair. Wikipedie : The Free Eyclopedia [online]. 2007 [cit. 2007-07-16]. Dostupný z WWW: http://en.wikipedia.org/wiki/Unshielded_Twisted_Pair.
- [8] 8P8C. Wikipedie : The Free Eyclopedia [online]. 2007 [cit. 2007-07-16]. Dostupný z WWW: <http://en.wikipedia.org/wiki/Rj45>.
- [9] Ethernet crossover cable. Wikipedie : The Free Eyclopedia [online]. 2007 [cit. 2007-07-16]. Dostupný z WWW: http://en.wikipedia.org/wiki/Ethernet_crossover_cable.
- [10] VGA connector. Wikipedie : The Free Eyclopedia [online]. 2007 [cit. 2007-07-16]. Dostupný z WWW: http://en.wikipedia.org/wiki/VGA_connector.
- [11] D-subminiature. Wikipedie : The Free Eyclopedia [online]. 2007 [cit. 2007-07-16]. Dostupný z WWW: <http://en.wikipedia.org/wiki/D-subminiaturehttp://en.wikipedia.org/wiki/S-video>.
- [12] RCA connector. Wikipedie : The Free Eyclopedia [online]. 2007 [cit. 2007-07-16]. Dostupný z WWW: http://en.wikipedia.org/wiki/RCA_connector.
- [13] TRS connector. Wikipedie : The Free Eyclopedia [online]. 2007 [cit. 2007-07-16]. Dostupný z WWW: http://en.wikipedia.org/wiki/Jack_plug.
- [14] Gigabit Ethernet. Wikipedie : The Free Eyclopedia [online]. 2007 [cit. 2007-07-16]. Dostupný z WWW: http://en.wikipedia.org/wiki/Gigabit_ethernet.
- [15] 10 gigabit Ethernet. Wikipedie : The Free Eyclopedia [online]. 2007 [cit. 2007-07-16]. Dostupný z WWW: http://en.wikipedia.org/wiki/10_gigabit_Ethernet.
- [16] American wire gauge. Wikipedie : The Free Eyclopedia [online]. 2007 [cit. 2007-07-16]. Dostupný z WWW: http://en.wikipedia.org/wiki/American_wire_gauge.

- [17] Video and UTP. BELDEN [online]. 2006 [cit. 2007-07-16]. Dostupný z WWW: <http://www.belden.com/pdfs/Techpprs/VideoandUTP.pdf>.
- [18] 10GBASE-T Testing of Belden IBDN® System 10GX®. BELDEN [online]. 2007 [cit. 2007-07-16]. Dostupný z WWW: http://www.belden.com/pdfs/Marketing%20Briefs/MB_10GBase-T_10GX_System_Testing.pdf.
- [19] Přehled použití pinů konektoru RJ45. Svět sítí [online]. 2001 [cit. 2007-07-16]. Dostupný z WWW: <http://www.svetsiti.cz/view.asp?rubrika=Technologie&temaID=&clanekID=73>.
- [20] Structured Cabling. In KRALOVA, Pavlina. CONNECTIVITY SYSTEMS 2007. [s.l.] : [s.n.], 2006. s. G1-K4.
- [21] Výsledek testu s bílou barvou [online]. 2008 [cit. 2008-04-06]. Dostupný z WWW: <http://rychlost.cz/sys/result/147.229.9.14/1205140478/e902f9da9d/>
- [22] Výsledek testu bez bílé barvy [online]. 2008 [cit. 2008-04-06]. Dostupný z WWW: <http://rychlost.cz/sys/result/147.229.9.14/1205142524/4521d4c7e2/>
- [23] Výsledek testu s bílou barvou [online]. 2008 [cit. 2008-04-06]. Dostupný z WWW: <http://rychlost.cz/sys/result/147.229.145.136/1205161397/b8a5b429f0/>
- [24] Výsledek testu bez bílé barvy [online]. 2008 [cit. 2008-04-06]. Dostupný z WWW: <http://rychlost.cz/sys/result/147.229.145.136/1205161638/0d9ed49430/>
- [25] TX6™ 10GIG™ UTP Copper Cable [online]. 2006 [cit. 2008-04-09]. Dostupný z WWW: [http://www.anixter.sk/axecom/axedoclib.nsf/\(unid\)/4e8b72aa05f569a18025724200370d33/\\$file/10gig_copper_cable_utp.pdf](http://www.anixter.sk/axecom/axedoclib.nsf/(unid)/4e8b72aa05f569a18025724200370d33/$file/10gig_copper_cable_utp.pdf)
- [26] DATASheet MediaTwist Cable Series [online]. 2008 [cit. 2008-04-09]. Dostupný z WWW: http://www.belden.com/pdfs/techinfo/MediaTwist_Cable_Series.pdf
- [27] AMP NETCONNECT Systemcable PIMF 1200 AWG 22 [online]. 2006 [cit. 2008-04-09]. Dostupný z WWW: http://www.ampnetconnect.com/EastEurope/download/datasheets/DS_PiMF1200_AWG22.pdf
- [28] DVB-T [online]. 2008 [cit. 2008-04-20]. Dostupný z WWW: <http://en.wikipedia.org/wiki/DVB>
- [29] Signal-to-noise ratio [online]. 2008 [cit. 2008-04-20]. Dostupný z WWW: http://en.wikipedia.org/wiki/Signal-to-noise_ratio
- [30] Bit error ratio [online]. 2008 [cit. 2008-04-20]. Dostupný z WWW: http://en.wikipedia.org/wiki/Bit_error_ratio

17. Seznam příloh na CD

1. Složka MERENI se všemi provedenými testy.
2. Složka FOTO s fotkami: postupu některých měření, kabelů, koncovek.
3. Složka TESTY s provedeným měřením kabelů pro splnění norem.