

# **Digitální kinematografie - video s vysokým rozlišením**

Robert Nekl

---

Bakalářská práce  
2008



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta multimediálních komunikací

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta multimediálních komunikací  
Ústav produktového designu  
akademický rok: 2007/2008

# ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Robert NEKL**  
Studijní program: **B 8206 Výtvarná umění**  
Studijní obor: **Multimedia a design**

Téma práce: **Digitální kinematografie – video s vysokým rozlišením**

Zásady pro vypracování:

1. Historický vývoj a jeho technické předpoklady.
2. Co je to digitální film?
3. Porovnání možností a kvality klasického kinematografického a digitálního obrazu různých formátů.
5. HDTV – kamery, formáty záznamu, postprodukce.
6. D-CINEMA – digitální kino.
7. Celkový rozsah bakalářské práce je minimálně 25 normostran textu (ve formátu PDF na 1 ks CD nosiči, 1 ks pevná vazba v tištěné podobě) a film na DV a DVD – 1 ks.

Rozsah práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

**AUTORSKÝ TÝM: Technické základy fotografie, Komora fotografických činností, ISBN 80-02-01492-8**

**ČSN 011718 Měření barev, vydavatelství úřadů pro normalizaci a měření, 1966**

**EIGL, JAN, BLUMOVÁ, VĚRA: Optické základy obrazové techniky. Praha: FAMU, 1993**

**PEŠEK, JOSEF: Základní principy televize a magnetického záznamu obrazu. Jinočany: H and H, 1993**

**FANDLI JURAJ: Digitálná kinematografia, habilitační práce 2006, VŠMU**

**PAUL WHEELER: DIGITAL CINEMATOGRAPHY, ISBN 0 240 516141**

**PAUL WHEELER: HIGT DEFINITION AND 24 P CINEMATOGRFHY, ISBN 0 240 51576 1**

**www. SONY, PANASONIC, JVC, Redone, Dalsa**

Vedoucí bakalářské práce:

**doc. Mgr. Juraj Fandli**

Ústav animace a audiovize

Datum zadání bakalářské práce:

**7. ledna 2008**

Termín odevzdání bakalářské práce:

**9. května 2008**

Ve Zlíně dne 1. dubna 2008

doc. Ing. Jaroslav Světlík, Ph.D.

*děkan*



ak. mal. Šárka Šišková

*ředitel ústavu*

Prohlašuji, že jsem na bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků, je-li to uvolněno na základě licenční smlouvy, budu uveden jako spoluautor.

Ve Zlíně 8.5.2008

Robert Nekl

A handwritten signature in blue ink, consisting of stylized, overlapping loops and lines, positioned below the printed name.

## **ABSTRAKT**

Tato práce se snaží nastínit hlavní rozdíly mezi klasickou kinematografickou technologií a nastupující digitální technologií. Od záznamu digitálními kamerami, vysvětlení jejich principu, práci s digitálními daty přes postprodukci a její možnosti, až po konečné zobrazení pomocí digitálních projektorů.

Klíčová slova: Digitální kinematografie, D-CINEMA, HDTV, 2k, 4k, CCD, 35 mm film, YUV, 4:4:4, 4:2:2, 4:2:0, XDCAM HD, DVCPRO HD, HDCAM, Cineon, D-ILA, SXR.

## **ABSTRACT**

This essay aims to analyze the main difference between the current cinematographical technology and the upcoming digital technology. From the recording with digital camcorders and explanation of their working principles, processing the digital data, post-production and its possibilities to the presentation of the final outcome by using digital projectors.

Keywords: Digital cinematography, D-CINEMA, HDTV, 2k, 4k, CCD, 35 mm film, YUV, 4:4:4, 4:2:2, 4:2:0, XDCAM HD, DVCPRO HD, HDCAM, Cineon, D-ILA, SXR.

# OBSAH

<b>ÚVOD.....</b>	<b>7</b>
<b>1 TECHNOLOGIE DNEŠKA.....</b>	<b>8</b>
1.1 ANALOGOVÁ TECHNOLOGIE.....	8
1.2 DIGITÁLNÍ TECHNOLOGIE.....	8
1.3 HISTORIE DIGITÁLNÍ KINEMATOGRAFIE.....	8
1.4 VÝVOJ.....	10
<b>2 DIGITÁLNÍ FILMOVÉ KAMERY.....</b>	<b>10</b>
2.1 CDD A CMOS SNÍMACÍ PRVKY.....	10
2.2 PIXEL, ROZLIŠENÍ.....	11
2.3 OBJEKTIVY.....	13
2.3.1 Adaptéry pro filmové objektivy.....	14
2.4 DIGITÁLNÍ FILMOVÉ KAMERY.....	14
2.5 OSTATNÍ MOŽNOSTI ZÍSKÁNÍ OBRAZOVÝCH DAT.....	17
<b>3 DIGITÁLNÍ DATA.....</b>	<b>18</b>
3.1 DATOVÉ TOKY NEKOMPRIMOVANÉHO VIDEO.....	18
3.2 KOMPRIMACE RGB SIGNÁLU.....	19
3.3 VZORKOVÁNÍ YUV BAREV, 4:4:4, 4:2:2, 4:2:0.....	20
3.4 KOMPRESSE.....	21
3.5 ZÁZNAMOVÉ FORMÁTY.....	23
<b>4 POSTPRODUKCE.....</b>	<b>26</b>
4.1 KLASICKÁ A DIGITÁLNÍ TECHNOLOGIE.....	26
4.2 DIGITALIZACE FILMU.....	28
4.3 FORMÁT CINEON.....	28
4.4 ON-LINE PRACOVNÍŠTĚ.....	29
4.5 FILMOVÉ REKORDÉRY.....	30
<b>5 DIGITÁLNÍ PROJEKCE.....</b>	<b>31</b>
5.1 TECHNICKÁ OMEZENÍ FILMU.....	31
5.2 VÝHODY DIGITÁLNÍ PROJEKCE.....	31
5.3 TECHNOLOGIE DMD/DLP.....	31
5.4 TECHNOLOGIE D-ILA.....	32
5.5 TECHNOLOGIE SXRD.....	32
5.6 PARAMETRY PROMÍTANÉHO OBRAZU.....	33
5.7 PROJEKTORY.....	34
<b>ZÁVĚR.....</b>	<b>35</b>
<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY A OSTATNÍCH ZDROJŮ.....</b>	<b>36</b>

## ÚVOD

Filmový průmysl je jednou z mnoha oblastí, kde se stále ve větší míře používá filmová surovina. Děje se tak od prvního promítání koncem roku 1895, kdy bratři Lumièreové poprvé předvedli svůj přístroj, cinématographe, před placícím publikem v Grand Café v Paříži. Do dnešních dnů jsme se velkých změn nedočkali, jen technologické postupy a používaná technika dospěla do podoby, jak ji známe dnes. Je na hranici technického vývoje, pro výraznou změnu je potřeba použít naprosto odlišnou technologii, kterou je technologie digitální. Ta už ze své podstaty nevyužívá žádné analogové médium ( filmovou surovinu ), ale veškerá práce se týká jen digitálních dat, jedniček a nul.

V následující práci se snažím přiblížit technické možnosti dnešních digitálních technologií. Shrnout je od samotného záznamu digitálními kamerami do podoby digitálních dat, jejich zpracování, následnou kompresi, složitou postprodukcí a následnou distribucí k divákovi. Vše se snažím porovnávat s technologií analogovou, ta pro nás většinou znamená technologickou špičku kvality, kterou bereme jako bernou minci. Pokud toto veškeré digitální počínání nedosáhne lepších výsledků, nemá šanci na úspěch.

# 1 TECHNOLOGIE DNEŠKA

## 1.1 Analogová technologie

Dne 2. února 1909 byl přijat Mezinárodním kongresem filmových producentů a distributorů, jemuž předsedal Georges Méliès, Edisonův 35mm filmový formát se čtyřmi perforacemi na snímek jako normu. 35mm formát je od té doby uznáván jako celosvětový formát. Existuje i mnoho jiných a používaných formátů, jako například 16mm film, 70mm film, systém IMAX. Ten je něčím neobvyklým a nezvyklým, protože svou velkou velikostí okénka se stal nejkvalitnějším analogovým formátem. Navíc systém byl později rozšířen o 3D projekci. I přesto všechno je 35mm film určitým standardem, který umožnil celosvětově jednodušší výměnu filmových kopií a promítání.

## 1.2 Digitální technologie

Jak už bylo zmíněno, digitální technologie je naprosto něčím novým, průlomovým a také to tak nejspíše už zůstane. Bude se jen technologicky vyvíjet a stavět na svých současných základech. Filmová surovina, v plně digitálním světě, tak jak ji známe, neexistuje. Vše jsou jen jedničky a nuly. S těmito daty pak pracuje celou dobu se všemi klady i zápory. V nejlepším případě až přímo po projekci, kde se v projektoru převedou na světelný tok dopadající na plátno.

## 1.3 Historie digitální kinematografie

Současné počítačové technologie jsou na takové úrovni, že jejich využití bylo jen otázkou času. Technologie a pracovní postupy se tak mohou plně zapojit do dnešních kinematografických projektů. Nejprve částečně, kdy jen některá část filmového díla vzniká pomocí počítačů nebo pak v lepším případě, celé dílo od začátku až do konce. Snad největším průlomovým počinem byly „Hvězdné války – Epizoda II.“ ( 2002 ), kdy George Lucas poprvé použil celý HD digitální řetězec. Ukázal, že i tak velký projekt lze natočit bez použití filmové suroviny. V Evropě lze za průkopníka považovat francouzský film Vidocq ( Fantom Paříže, 2001 ) s Gérardem Depardieu v hlavní roli. Prvním celovečerním filmem u nás byl snímek "Děvčátko" ( 2002 ). Ten byl natočen na HDCAM kameru Sony. Za zmínku také stojí některé projekty z minulosti, točené na digitální kamery formátu DV, DVCAM.



Jako například Anděl Exit ( 2000 ). Bohužel zde ale nelze mluvit o kvalitním technickém výsledku při promítání v kině. Důvodem je malé - nedostačující rozlišení.

#### **1.4 Vývoj**

Další vývoj, dle mého názoru, bude směřovat postupným vytlačováním klasické technologie. Používání ve větší míře dostupnějších digitálních kamer a postprodukčních postupů. Vše je, bohužel, většinou otázkou peněz. Naštěstí se digitální technologie stávají rok od roku dostupnějšími a výrazně výkonnějšími.

## 2 DIGITÁLNÍ FILMOVÉ KAMERY

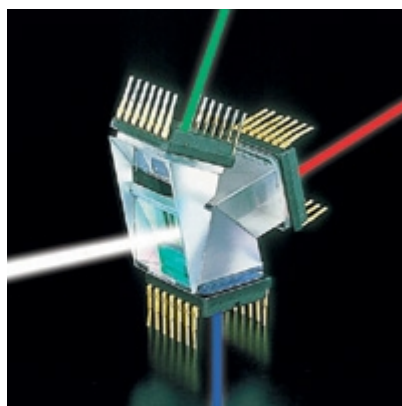
Jednou možností, jak získat digitální data, jsou digitální filmové kamery. Na dnešním celosvětovém trhu je několik významných výrobců. Abychom se mohli alespoň částečně orientovat v tom, co nabízejí, je potřeba pochopit základní principy a fungování těchto zařízení.

### 2.1 CDD a CMOS snímací prvky

Základním principem je, že jsme schopni světelné paprsky dopadající přes objektiv kamery na světlocitlivý čip převést na sled digitálních impulzů, s kterými jsme pak schopni dále pracovat. Tento čip může být buď CCD nebo v dnešní době používaný CMOS.

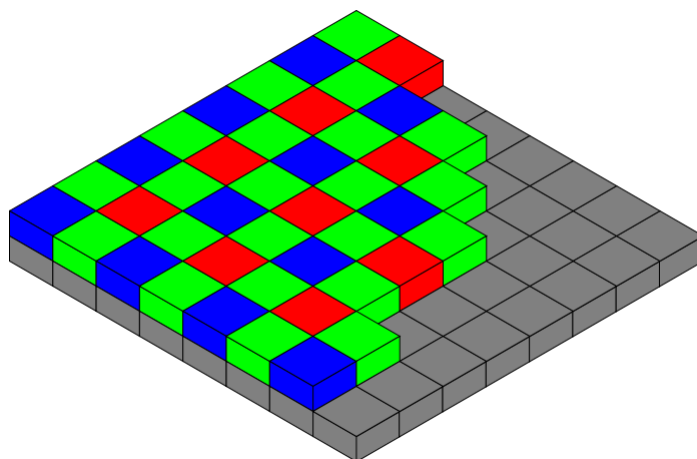
CCD ( Charge-Coupled Device ), v překladu znamená prvek s vázanými náboji. Teoretický výklad principu činnosti by nebyl možný bez obsáhlých znalostí z oboru fyziky polovodičů. Proto se zaměřím na zjednodušený model fungování CCD prvku. Jde o strukturu světlocitlivých elementů tzv. pixelů, které svou strukturou tvoří pravidelnou mřížku. Funkci jednotlivých pixelů lze rozdělit do tří fází: přeměnu dopadajícího světla ve shluk vázaných elektronických nábojů; akumulaci takto vyniklých nábojů; přenos těchto nábojů k okrajům struktury tak, aby bylo možné je dále zpracovávat jako obrazový signál. Pro získání barevného obrazu se používají dvě nejčastější metody.

Jednou je použití 3 čipů, kdy každý pomocí patřičného filtru snímá jednu barevnou složku ( červenou, modrou nebo zelenou ). Tyto čipy jsou nalepeny na speciálním skleněném hranolu. Ten obsahuje polopropustnou soustavu dichroických filtrů, která má za úkol rozdělit světelné spektrum na jednotlivé čipy.



3 CCD čip

Druhou je použití jednoho čipu, na jehož jednotlivých pixelech jsou nanášeny barevné filtry. Obraz je načten běžným způsobem a teprve v dalších obvodech se plnohodnotné barvy jednotlivých pixelů interpolují z nejbližších pixelů jednotlivých barev RGB.



*CCD prvek s Bayerovým filtrem*

CMOS ( Complementary Metal Oxide Semiconductor ) čipy jsou v posledních letech používány v kamerách častěji. Jde o technologii poměrně mladou, první použití bylo v roce 1998 u digitálních fotoaparátů. Jednou z výhod je malá spotřeba. Lze předpokládat, že tato technologie se bude dále vyvíjet a mohla by v budoucnu nahradit CCD čipy.

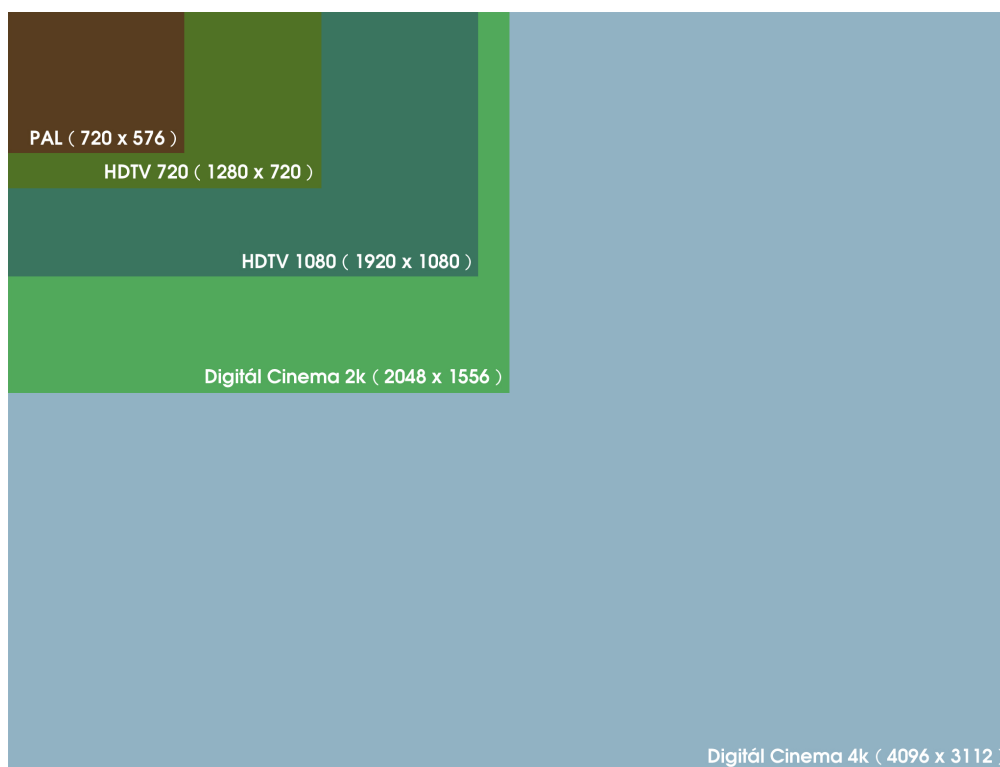
## 2.2 Pixel, rozlišení

Základní jednotkou digitálního obrazu je bod - pixel ( zkratka z anglického „picture element“ - obrazový prvek ). Jak už bylo řečeno, z jednotlivých pixelů je tvořena pravidelná mřížka, na kterou je promítán obraz. Každý jednotlivý pixel pak snímá úroveň - jas a barvu dopadajícího světla. Tímto způsobem provádíme analýzu obrazu, vlastně převádíme obraz na digitální signál.

Pro kvalitu obrazu a co nejvěrnější podání jsou pro nás důležité dvě veličiny. Rozlišení a bitová hloubka. Rozlišení znamená kolik pixelů celkově má náš snímací prvek. To bude mít přímý vliv na ostrost výsledného obrazu. Čím více bodů, tím větší ostrost. Ta je pak při projekci divákem vnímána jako čitelnost jednotlivých detailů, jako jsou například vlasy, stébla trávy a podobně. Pokud bude rozlišení malé, nebudou tyto detaily čitelné, budou se jevit jako rozmazané nevýrazné barevné šmouhy.

Pro porovnání, jako základní rozlišení bychom mohli brát televizní normu PAL se svými 720x576 body. Toto rozlišení je ale natolik malé, že pro použití v kinematografii je takřka nepoužitelné. V minulosti u nás bylo sice natočeno několik celovečerních filmů v tomto rozlišení, ale kvalita obrazu promítaného na plátno byla velmi špatná.

Situace se výrazně změnila příchodem formátu HDTV. High-definition television označuje formát vysílání televizního signálu s výrazně vyšším rozlišením, než jaké umožňují tradiční formáty ( PAL, SECAM, NTSC ). Rozlišení je přibližně 5x větší a to už postačuje k tomu, abychom měli obraz s dostatečným počtem bodů. U HDTV existují teoreticky čtyři formáty. 720p, 1080i, 1125i a 1250i. V praxi se ale používají jen formáty 1080i a 720p. Číslo označuje počet řádků, které se používají. Písmenko znamená zda jde o interlace ( prokládané ) nebo progresivní ( neprokládané ). Dalším rozlišením je tzv. 2k, jde o 2048x1556 obrazových bodů. 2k proto, že je důležitý počet bodů v horizontální linii, počet bodů ve vertikální linii je pak závislý podle použitého obrazového formátu. To je využíváno pro postprodukcí filmů. Posledním rozlišením je 4k, 4096x3112. Toto rozlišení jako jediné už jednoznačně převyšuje svou kvalitou možnosti 35 mm filmu. Je druhou normou D-CINEMA.



*Porovnání jednotlivých rozlišení*

Bitová hloubka vyjadřuje, kolik jednotlivých úrovní jsme schopni rozlišit na jeden pixel. Jde o rozsah těchto úrovní mezi černou a bílou. Čím jemnější bude tato stupnice, tím lepší výsledek ve skutečnosti dostaneme. Standardně pracují kamerové části s 10 bity, což odpovídá 1024 úrovním. 12 bitů je pak 4096 a 14 bitů pak 16384 úrovní! Digitální kamery navíc umožňují s těmito daty pracovat dříve, než je uložíme na médium, a tak přímo můžeme ovlivnit kvalitu natáčeného obrazu.

Pokud bychom udělali srovnání s filmovým materiálem, zjistíme, že porovnání nebude jednoduché. Citlivá vrstva filmového materiálu je tvořena náhodným rozmístěním elementů halogenidů stříbra, to vytváří známé filmové zrno. Pokud natočíme statický snímek, ve skutečnosti nikdy nebude každé okénko stejné, bude unikátní. Přidáme-li malebnost, barevné i jasové členění, pak je to něco, na co jsme si my diváci zvykli. V angličtině to nazýváme "film look", určitý charakteristický rys, filmový vzhled. Pokud bychom se ale pragmaticky pídili po technických specifikacích filmového materiálu, můžeme podle odhadů zjistit, že každé políčko 35mm filmu obsahuje čtyři až šest a půl milionu krystalů halogenidů stříbra, což odpovídá rozlišení mezi 2k a 4k.

### 2.3 Objektivy

Některé digitální kamery nemají shodnou velikost snímacího čipu s okénkem 35mm filmu, u těch je pak potřeba zmínit určitou rozdílnost při použití filmových skel. Ve většině jde o kamery s 2/3 palcovými čipy, ke kterým se filmové objektivy připevňují pomocí speciálních redukci. Úhlopříčka okeničky formátu 1,85:1 je 27 mm. U 2/3 palcového čipu je úhlopříčka 11 mm. To má samozřejmě vliv na optické vlastnosti objektivu. Je potřeba počítat s koeficientem pro přepočítání 2,5x. Ten je jednoduše odvozen z rozdílu poměrů velikostí úhlopříček snímacího čipu a filmového políčka. To znamená, že s 50mm objektivem máme menší úhel pohledu, stejný tak jako bychom použili 125 mm objektiv na 35mm filmové kameře. To samé také platí o hloubce ostrosti, která je přímo závislá na velikosti čipu, ohniskové vzdálenosti a nastavené cloně. Aby objektivy digitálních kamer dosahovaly stejné optické kvality jako objektivy filmových kamer, musí mít digitální objektivy 2,5 větší rozlišení - počet čar na mm než normální filmové objektivy ( tzn. 50 čar na 1 mm u digitálního objektivu. U filmového objektivu je to 20 čar na mm ).

### 2.3.1 Adaptéry pro filmové objektivy

Jak už bylo naznačeno, značnou nevýhodou kamer s malými čipy je větší hloubka ostrosti (anglicky Depth Of Field). Znamená to, že objekty na scéně v různých vzdálenostech od objektivu jsou zaostřené ve větším rozsahu, nelze jednoduše například rozostřit pozadí tak, jako u klasické filmové kamery. Vše je samozřejmě přímo závislé na použitém objektivu a nastavené cloně. Řešení je v podstatě jednoduché, lze použít speciální adaptéry pro filmová skla.

Technické řešení je jednoduché, součástí adaptéru je matnice, na kterou se promítá obraz ve stejné velikosti jako kdyby byl exponován na 35mm film. Z této matnice je pak snímán vlastní digitální kamerou. Dosahuje se tak stejných technických vlastností obrazu a použité objektivy se nemusejí přepočítávat. Práce s nimi je naprosto stejná jako s filmovou kamerou. Matnice navíc vibruje a její speciálně upravený povrch tak simuluje filmové zrno. Pro optimální nastavení lze rychlost vibrací matnice plynule měnit.



*Pro 35 Image Converter, P+S Technik*

## 2.4 Digitální filmové kamery

Následující přehled je ukázkou, čeho už bylo dosaženo v oblasti digitálních kamer s vysokým rozlišením.

**ARRIFLEX D-20**, tato kamera používá jeden CMOS senzor s rozlišením 6Mpix o velikosti okeničky kamery Super 35mm. Má dva typy záznamu - datový mód a HD mód. V datovém módu se obraz zaznamenává v rozlišení 2880x2160 bodů a v dvanácti bitové barevné hloubce. Výsledný poměr stran, nejčastěji 1:1,85, se získá maskováním. V datovém módu je možné použití anamorfických objektivů pro získání obrazu s poměrem stran

1:2,35. V HD video módu točí kamera v poměru 16:9. Používá při tom 2880 x 1620 aktivních pixelů. Výstup je 1920 x 1080 pixelů YUV 4:2:2 10 bitů přes dvojité HD-SDI. Nejčastěji je kamera propojena s rekordérem Sony HDCAM srov.

**DALSA ORIGIN** je digitální filmová kamera, která používá klasické filmové objektivy a optický hledáček. Rozlišení obrazu je 2K a 4K, v rozlišení 4K je poměr stran 2:1 ( 4096 x 2048 px ). Ukládá nekomprimovaná šestnáctibitová surová RAW data. Čip je schopen zaznamenat rozsah jasů 12 EV, což je srovnatelné s rozsahem jasů filmové suroviny. K ukládání záznamu se stejně jako u kamery ARRI používá externí rekordér.

**GS VITEC NOX** Čip velikosti 1,2" má dynamický rozsah více než 12 EV. Kamera točí ve 2K ( 2048 x 1152 px ) s barevnou hloubkou 14 bitů a snímkovou frekvencí 25 obr./s. Záznam se ukládá nekomprimovaný jako RAW do interního datapacku.

**PANAVISION - GENESIS** už má čip velikosti políčka filmu Super 35mm, proto se dá použít se všemi existujícími sférickými objektivy Panavision a stejným příslušenstvím jako filmové kamery téže značky. Čip s rozlišením 12,4 Mpx zaznamenává barevný prostor RGB 4:4:4. Strmost a barevnost se natolik blíží filmu, že je možné kombinovat záběry pořízené kamerou Genesis se záběry natočenými na filmový materiál přímo, tedy bez barevných korekcí.

**RED DIGITAL CINEMA CAMERA COMPANY - RED ONE**, 12 Mpix CMOS čip velikosti 24,4 x 13,7 mm s 4520x2540 aktivních pixelů má stejnou aktivní plochu jako okenička Super 35mm filmových kamer. Frekvence snímání je 1 - 30 oken v rozlišení 4K a 1 - 72 obr./s v rozlišení 2K. Datový tok videa s komprimací pomocí kodeku REDCODE RAW je v rozlišení 4K a frekvenci 24 obr./s okolo 27,5 MB/s ( 220 Mb/s ) a je tedy dostatečně nízký pro pohodlné ukládání v reálném čase.

**SILICON IMACINC SI-2K**, kamera používá jeden 2/3 palcový CMOS senzor, záznam je dvanáctibitový s rozsahem 10 EV. Filmové objektivy se zde používají šestnáctimilimetrové s bajonetem PL nebo C. Kamera je uzpůsobena pro použití s kamerovým příslušenstvím jako je filmové kompendium apod. Data jsou nahrávána ve formátu CineForm RAW. Ve 2K je rychlost snímání do 30 obr./s, v 720p do 72 obr./s. Díky bezdrátovému připojení lze natočený materiál okamžitě zpracovávat, stejně tak jako záznam uložený na pevný disk v kameře.

**SONY F35**, digitální kamera určená pro profesionální filmovou práci, nástupce známé kamery F23. Velikost čipu se rovná super 35mm filmovému poličku, k dispozici je PL mount pro filmové objektivy. Rozlišení kamery je 1920x1080 a podporuje plný barevný 4:4:4 záznam v 10 bitové barevné hloubce. Nahrávání je možno od 1 po 50 obrázku za sekundu. Lze připojit záznamovou jednotku Sony SRW-1 v systému HDCAM-SR.



*Digitální kamera Sony F35*

**VISION RESEARCH PHANTOM HD**, kombinuje kvalitu HD a 2K videa s možností snímání vysokou frekvencí. Kamera zaznamenává video rozlišení od 720p po 2K rychlostí 1-1000 obr./s. Video je zaznamenáváno na interní paměti o velikosti 8 nebo 16 GB, případně na externí SSD rekordér Phantom CineMag o velikosti 256 nebo 512 GB, který se dá připevnit přímo na tělo kamery. Stejně jako u všech předchozích kamer je samozřejmostí možnost použití PL filmových objektivů.

Seznam se velmi rychle rozrůstá, za posledních několik let se zhruba ztrojnásobil. Většina kamer navíc dokáže točit ve větším rozlišení než 2k. Jak je vidět, mezi výrobci digitálních filmových kamer najdeme staré tvůrce klasických kamer (ARRI, Panavision) stejně jako výrobce videokamer (Sony), ale i úplně nové firmy. Jednou z nich je RED DIGITAL CINEMA CAMERA COMPANY. Ta ukázala, že je možné udělat kvalitní digitální kameru za velmi přijatelnou cenu. Neuvěřitelný zájem o jejich kameru RED ONE nestíhá firma pokrýt. Navíc připravuje dvě nové kamery pod názvy "EPIC", ta bude zvládat až 5k rozlišení a "SCARLET", malou kamerku s rozlišením 3k.





*Digitální kamera - RED ONE*

## **2.5 Ostatní možnosti získání obrazových dat**

Digitální kamera nemusí být jedinou možností, jak získat obrazová data. Při realizaci loutkového filmu nebo při pixelaci lze s výborným výsledkem použít digitálního fotoaparátu. Jednotlivé fotografie pak postprodukčně spojit ve výsledný záběr - film. Dokonce touto metodou byl natočen velkorozpočtový celovečerní film "Mrtvá nevěsta". Režisér Tim Burton si dal na výsledku hodně záležet. Jeho tým použil úplně nové pracovní postupy, technologie a pro nasnímání využil profesionální zrcadlovku Canon s full size čipem.

Jinou možností je vygenerovat obrazová data virtuálně. Dnešní možnosti 3D programů jsou takřka neomezené. Některé výstupy divák jen těžko rozezná od reality. A lze předpokládat, že budou čím dál tím více používány ve filmové tvorbě. Pokud film není kompletně vyroben pomocí počítačové animace, jako například filmy studia Pixar, tak ve většině případů se v dnešních filmech kombinují reálné záběry se záběry počítačovými.

### 3 DIGITÁLNÍ DATA

Obrazový čip při snímání doslova chrlí neuvěřitelné množství digitálních dat. Abychom byli schopni všechna data v reálném čase zpracovat, musíme použít určité algoritmy, které nám zredukují datový tok do použitelného minima.

#### 3.1 Datové toky nekomprimovaného videa

Data vyčítána s CCD čipu obsahují plnohodnotnou obrazovou informaci ve formátu RGB. Tu označujeme jako nekomprimované video, není zde žádná degradace obrazu. Datový tok (anglicky bit rate) je počet těchto informací - bitů za jednu sekundu (bit/s). Případně můžeme tento datový tok uvést v bajtech (B/s). Pak má jeden bajt osm bitů. Pro jednodušší uvádění se používají standardní jednotky jako Kilo, Mega, Tera, vždy o 1024x více. Datový tok pak můžeme jednoduše vypočítat, pokud známe rozlišení a bitovou hloubku. Při rozlišení 1920x1080, osmi bitech a 25 snímcích za sekundu nám vyjde datový tok neuvěřitelných 148 MB/s. Výsledek dostaneme tak, že vypočítáme počet jednotlivých pixelů ( $1920 \times 1080 = 2073600$ ), ty vynásobíme třemi - tři barevné kanály RGB, dále vynásobíme osmi - barevná hloubka a nakonec vše vynásobíme 25 - počet snímků.

$$1920 \times 1080 = 2073600 \times 3 \times 8 \times 25 = 1244160000 \text{ bit/s} = 148 \text{ MB/s}$$

V následující tabulce lze porovnat jednotlivé datové toky nekomprimovaných videí při 25 snímcích za jednu sekundu.

Typové označení	Rozlišení	Bitová hloubka	Datový tok ( MB/s )
PAL	720x576	8	29,66
HD	1280x720	8	65,91
HD	1280x720	10	82,39
HD	1920x1080	8	148,31
HD	1920x1080	10	185,39
HD	1920x1080	12	222,47
2k	2048x1556	8	227,92
2k	2048x1556	10	284,91
2k	2048x1556	12	341,89

Typové označení	Rozlišení	Bitová hloubka	Datový tok ( MB/s )
4k	4096x3112	8	911,71
4k	4096x3112	10	1139,64
4k	4096x3112	12	1367,57

### 3.2 Komprimace RGB signálu

Pro přenos, zpracování a záznam video signálu je téměř vždy nutné použít kompresi i přesto, že dnes existují tzv. nekompresní systémy, kde je signál přenášen bez komprese. Většinou profesionálního světa je vzhledem k dostupným technologiím komprese signálu využívána a je to více než praktické. Pro konzumní svět je komprimace jednoduše povinná. Na vině je datový tok a s tím související šíře pásma, která je pro přenos signálu potřebná. Řada použitých technologií komprese signálu souvisí s některými historickými rozhodnutími, která se váží k počátkům barevné televize. Po spuštění černobílého vysílání byla přenášena pouze jasová složka signálu. Barevný signál se musel vejít do značně omezeného pásma původně určeného pro černobílou televizi a navíc bylo třeba zachovat původní kompatibilitu s již existujícími přístroji. Z tohoto důvodu bylo rozhodnuto, že se pro přenos signálu použije barevný prostor YCbCr, tedy tzv. Color Opponent System. Tento barevný prostor nezaznamenává barvu jako RGB hodnoty tak, jak je známe z počítačového světa, ale jako jasovou složku Y a dvě barvosné složky Cb a Cr. Oddělení intenzity barvy Y ( tzv. Luma ) a barvosný komponent U a V ( tzv. chromá komponenty ) umožnilo přenášet samostatně signál pro černobílé přístroje a navíc informaci i pro nové, barevné přístroje.

Podobnými triky se inspirovali i autoři formátů pro digitální formáty. Prakticky bylo třeba řešit stejný problém: digitální přenosové cesty a záznamová zařízení jsou omezené, proto je třeba efektivní komprese již na úrovni záznamu signálu. Vstupní RGB signál je příliš bohatý na tok i informace a tak je třeba jej chytře barevně převzorkovat, aby nedošlo k výrazné újmě na barevné informaci a zároveň došlo k významnému snížení nutného datového toku. Přímé barevné převzorkování RGB signálu vede vždy k výrazné degradaci barev, proto je efektivnější provádět degradaci v jiném barevném prostoru. Z historického hlediska se na-

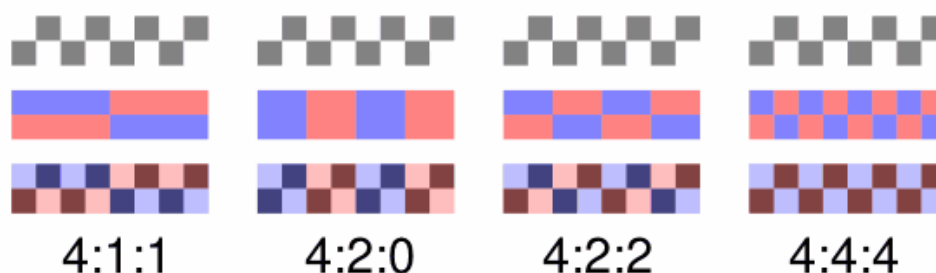
bízí YUV prostor, který sice není tím neoptimálnějším, ale vzhledem k návaznosti systému na televizní vysílání je tato volba opravdu nejvhodnější. Konverze z RGB do YUV je přímočará a při dodržení zmíněných limitních hodnot je bezztrátová, při převodu z jednoho prostoru na druhý tedy nedochází ke ztrátě informace. Oddělení barevné a jasové složky se dodatečně ukázalo jako výhodné i pro implementaci řady filtrů a speciálních algoritmů zpracování videa. Správnost použití YUV potvrdily i psychofyzické studie vnímání barev lidským okem, kde je též implementován princip rozdílnosti vnímání jasu a barvy.

### 3.3 Vzorkování YUV barev, 4:4:4, 4:2:2, 4:2:0

Pro komprimaci signálu pomocí převzorkování YUV barev se vžily číselné zkratky v notaci A:B:C, které charakterizují způsob barevného vzorkování složek U a V relativně k Y. První číslice notace znamená složku Y a ostatní dvě poměr vzorkování U a V složek. Vzhledem k rozdílným způsobům vzorkování jsou poslední dvě číslice trochu nesystematicky používány k zakódování principu vzorkování. Označení 4:4:4 znamená, že všechny komponenty signálu jsou vzorkovány shodně a nedochází tedy k degradaci barevného signálu. Označení 4:4:4 se někdy též označuje jako „bez komprese“, ale bohužel se používá jak v souvislosti s RGB prostorem, tak s YUV, a tak může někdy dojít k záměně pojmů. V profesionálním video a TV světě nejčastěji 4:4:4 automaticky znamená nekomprimovaný RGB signál. Asi nejčastěji se v profesionálním světě setkáme s poměrem vzorkování 4:2:2 nebo přesněji YUV 4:2:2, kdy je barevný signál dvojnásobně převzorkován oproti jasové u signálu. V praxi to znamená, že v horizontálním směru na každý druhý jasový vzorek připadá pouze jeden barevný vzorek, tj. Y je k U, V v poměru 2:1. Ve vertikálním směru nedochází k žádnému pod vzorkování. Pozice vzorků přesně odpovídají pozicím pixelů. Tento princip barevného vzorkování YUV je používán ve většině profesionálních záznamových zařízení. Degradace barevného signálu je prakticky minimální a běžným pozorovatelem nerozpoznatelná a přitom je datový tok prakticky poloviční. Navíc, i když jde o převzorkování, lze najít takové rekonstrukční procesy a filtry, aby bylo možné použít signál se vzorkováním 4:2:2 pro studiová klíčování. V souvislosti se spotřební elektronikou a digitálním přenosem dat ( včetně DVB-T ) se setkáme s barevným vzorkováním 4:2:0. To v televizní technice znamená, že barvy se vzorkují ob jeden řádek V rámci řádku tedy připadá na dva vzorky jasového signálu pouze jeden vzorek barvonosného, ale sudé řádky se vzorkují jen jasově. Jinak řečeno, na čtyři jasové body připadá jen jedna barevná informace.

Existují i další zažité označení jako například 4:1:1 ( čtyři obrazové body vedle sebe mají jednu barvu ), nebo v případě HDCAMu 3:1:1, kde se nejenom redukuje barvy, ale i jasová složka ( z 1920 na 1440 bodů ).

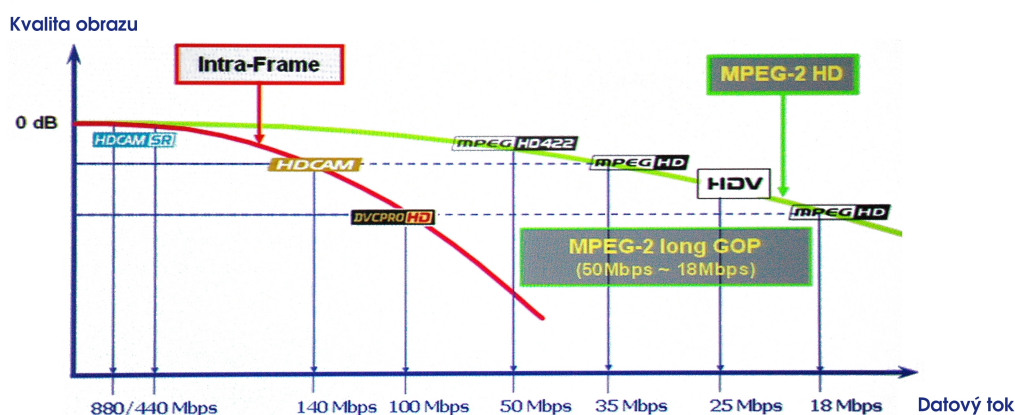
YUV se také může označovat těmito zkratkami Y/Pb/Pr, YPrPb, PrPbY, Y/R-Y/B-Y, Y(R-Y)(B-Y), Y, R-Y, B-Y a PbPrY .



### 3.4 Kompresce

I přes to, že použijeme převzorkování barev, je datový tok stále vysoký. Proto se dále aplikují inteligentní kompresní algoritmy. V dnešní době existuje spousta takovýchto algoritmů, ale v podstatě všechny pracují s takzvanou ztrátovou kompresí. Znamená to, že se nám nikdy nepodaří dostat zpět stejná data, která jsme měli před komprimací. Na hranách ve výsledném obrazu pak můžeme pozorovat artefakty - kostičky. Kvalita pochopitelně závisí na kompresním poměru, to je číslo udávající poměr mezi velikostí souboru před a po komprimací. Například 1:2 - malá komprese nebo až 1:25 - velká komprese. Větší kompresní poměr nemusí vždy jednoznačně znamenat horší kvalitu. Roli hraje zda je digitální signál komprimován Interframe nebo Intraframe. Při Interframe ( snímkovém ) kódování se každý jednotlivý snímek kóduje samostatně. Velkou výhodou je okamžitý přístup k obrazovým datům, tím pádem i jednodušší zpracování - postprodukce. Ve většině případů se ke kódování využívá diskrétní kosinová transformace - DCT. Tato transformace převede původní data do jiných domén, například z časové do frekvenční. Většina z důležitých informací je uchována v mnohem menším objemu než původně. Pokud zbytek chybějících dat nahradíme nějakými předem známými nebo vypočitatelnými daty, tak se po zpětné transformaci budou velmi dobře podobat datům původním. Interframe ( mezisnímkové ) kódování je založeno na jiném principu. Vychází se ze známé skutečnosti, že ve většině případů je následující obrázek filmu podobný tomu předcházejícímu. Proto se kóduje najednou několik po

sobe jdoucích obrázků a zaznamenávají se jen rozdíly mezi nimi. Tuto skupinu pak nazýváme GOP ( z anglického Group of Pictures ), obsahuje snímky typu I, B a P. I snímek ( Intra frame ) neboli klíčový snímek obsahuje úplnou obrazovou informaci. Je to v podstatě jpg snímek a začíná s ním každá skupina. Dále GOP obsahuje snímky pomocné P ( Predicted ), které se ukládají zkomprimované ( mezisnímková komprese ) a přenášejí pouze rozdíly oproti I snímkům. Tyto dva typy snímků jsou pak proloženy ještě třetím typem snímků B ( Bidirectional Predicted ), který se přenáší buď silně zkomprimován ( také mezisnímkovou kompresí ), nebo se nepřenáší vůbec - jsou to obousměrné předpovědi vzhledem k předcházejícímu I nebo P obrázku. Typické pořadí snímků pak například může vypadat takto: IBBPBBPBBPBBPBBPBB. Velkou výhodou takového kódování je vyšší kvalita obrazu při nižším datovém toku. Bohužel to sebou nese i nevýhodu v podobě složitější postprodukční práce s takto zakódovaným videm. Pokud chceme zobrazit jakýkoli snímek ( mimo I snímky ), musíme vždy načíst příslušnou GOP skupinu a požadovaný snímek dopočítat. Nese to sebou neúměrně vyšší nároky na výpočetní výkon. Interframe kódování například používají nám dobře známé MPEG soubory.



Graf závislosti kvality obrazu na použité kompresi a datovém toku

Je také potřeba uvést dva důležité pojmy používané v souvislosti s kompresí. Jde o VBR a CBR. U VBR - proměnlivého datového toku ( z anglického Variable Bit Rate ) jsou podle potřeby komprimačním softwarem rozpoznávané scény s malými změnami v obraze, například celek krajiny, v kterém v dálce projíždí auto, a na tyto sekvence pak použije menší objem dat. Výsledný soubor je menší i přesto, že kvalita obrazu je po celou dobu vyrovnaná. U CBR - konstantního datového toku ( z anglického Constat Bitrate ) je za sekundu

přeneseno stále stejné množství dat. A je úplně jedno, jestli se ve scéně něco děje nebo ne. Nepřináší to v podstatě žádnou výhodu, ale není jiné technické řešení pokud je záznam ukládán v reálném čase na pásková média - nám dobře známé kazety.



*Kazeta formátu Sony HDCAM SR*

### 3.5 Záznamové formáty

Z předešlého nám vyplývá, že použití kodeku je nezbytností. Každý výrobce si vytvořil vlastní formáty pro záznam HD videa. Formátem chápeme ucelený soubor technických parametrů - rozlišení, bitové hloubky, kodeků, použitého záznamového média a podobně. Snahou výrobců je co nejvíce svůj formát prosadit a získat tak převahu nad konkurencí. V nejlepším případě se stane standardem, jako například v televizním vysílání profesionální formát Betacam od Sony. Některé formáty jsou kooperací několika firem, kdy společným zájmem vytvoří formát, který se většinou stane standardem. Například DV - digitální video se během několika let stalo nejpoužívanějším amatérským formátem pro záznam videa. V dnešní době se také stále více prosazují takzvané bezpáskové technologie. Pro záznam dat se nepoužívají velmi rozšířené kazety, ale jiná moderní média jako jsou hard disky, optické disky ( DVD, Blu-Ray ), paměťové karty a podobně. Následující výčet představuje nejznámější formáty pro záznam videa s vysokým rozlišením.

**HDV** - tento formát byl vytvořen pro širokou amatérskou veřejnost. Je nástupcem formátu DV. Jeho uplatnění je i v poloprofesionálních aplikacích, protože kvalita obrazu je velmi slušná. Používá stejné záznamové medium jako DV, digitální pásku miniDV se 60 minutovým záznamem. Rozlišení je 1280x720 nebo 1440x1080 bodů, komprese MPEG-2 s 25Mbit/s datovým tokem, 8 bitovou barevnou hloubkou a barevným vzorkováním 4:2:0.

**AVCHD** - nový bezpáskový formát pracující s MPEG-4 AVC/H.264 kompresí a volitelným datovým tokem od 5 do 16 Mbit/s. Rozlišení 1920x1080 nebo 1440x1080 bodů, v 8 bitové barevné hloubce a s barevným vzorkováním 4:2:0. Záznamové médium může být hard disk nebo optický disk, případně nové kamery umožňují záznam na paměťovou kartu. Stejně jako HDV je tento formát určený pro domácí komerční použití.

**DVCPRO HD** - páskový formát firmy Panasonic. Stejně jako formát DVCPRO, který je určen pro záznam standardního rozlišení, používá záznamová média. Tyto kazety mají tři rozměry a na největší lze nahrát až 126 minut HD videa. Firma Panasonic vyrábí v tomto formátu jak malé kamery tak i velké s 2/3 palcovými čipy. Podporované rozlišení je 720 i 1080 řádků v 8 bitové hloubce s barevným vzorkováním 4:2:2. Kompresi je DCT intraframe s kompresním poměrem 6,7:1. Pokud se podíváme blíže, tak zjistíme, že vlastní kodek převzorkovává jasovou složku z 1920 na 1280 a barvonosnou jen na 640 pixelu na řádek. To je opravdu málo i přes to, že celkový datový tok je úctyhodných 100Mbit/s.

**DVCPRO HD P2** - jde o nový bezpáskový formát. Je založen na stejných principech jako DVPRO HD, jen k záznamu je použita speciální paměťová karta z označením P2.

**XDCAM HD** - bezpáskový systém firmy Sony. Záznamovým médiem je optický disk založený na technologii Blu-Ray. Dnes již jsou k dispozici i dvouvrstvá média s kapacitou 50GB. V nejvyšší kvalitě pak lze zaznamenat až 120 minut na jeden XDCAM disk. Rozlišení je 1440x1080 obrazových bodů v 8 bitové barevné hloubce a s barevným vzorkováním 4:2:0. Používá se interframe komprese MPEG 2 ve třech datových tocích. HQ - 35 Mbit/s VBR, SP 25 Mbit/s CBR ( stejný jako HDV záznam ) a LP - 18 Mbit/s VBR. Kamery jsou vyráběny jen s 1/2 palcovými čipy a formát je určen spíše pro střední profesionální sféru.

**XDCAM HD422** - nejnovější vylepšená verze XDCAM HD, která umí zaznamenat plné HDTV rozlišení 1920x1080 bodů a hlavně dvakrát větším rozlišení barevné vzorkování, tedy 4:2:2. Datový tok je povýšen na 50 Mbit/s. Ohlášená kamera PDW-700 má 2/3 palcový Power HAD FX CCDs čip.

**HDCAM** byl uveden v roce 1997 firmou Sony. V podstatě se jedná o HD verzi Digitálního Betacam, takže jde o páskový záznam. Používá DCT kompresi s 8 bitovou barevnou hloubkou a barevné vzorkování 3:1:1. Zaznamenávané rozlišení je 1440x1080, které se ale vyčítá z čipu s rozlišením 1920x1080 a je následně převzorkováno. Nahrávaný datový tok je 144 Mbit/s.



**HDCAM SR** vylepšená verze HDCAMu, která byla uvedena v roce 2003. Dokáže zaznamenat HD video ve dvou módech SQ a HQ. SQ mód pracuje s 10 bitovou barevnou hloubkou a s 4:2:2 barevným vzorkováním. Zaznamenávaný datový tok je 440 Mbit/s s kompresním poměrem pouhých 2,7:1. Druhý mód HQ dokáže zaznamenat plný barevný RGB obraz, tedy v barevném vzorkování 4:4:4, datový tok dosahuje neuvěřitelných 880 Mbit/s s kompresním poměrem 4,2:1. HDCAM SR používá nový Intraframe MPEG-4 SP kodek, se kterým se dosahuje daleko lepších obrazových výsledků než s MPEG 2 kódováním.



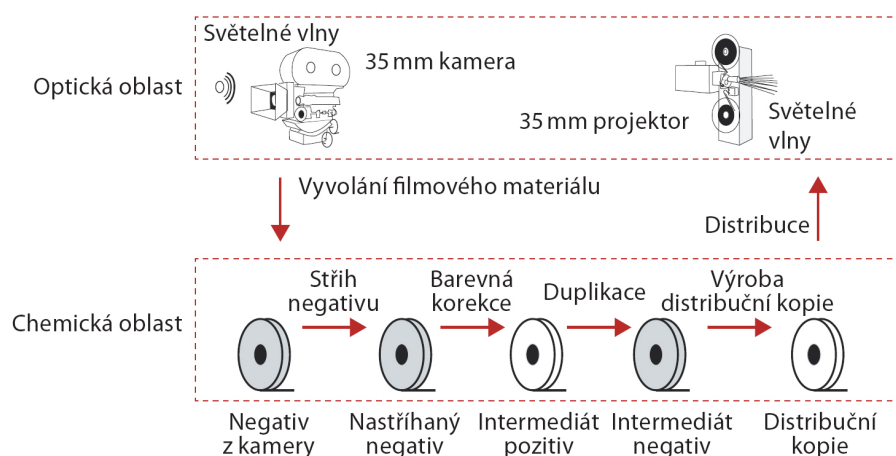
*Sony HDCAM SR portable VTR - SRW-1*

## 4 POSTPRODUKCE

Do nedávné doby byly jednotlivé fáze filmové výroby jednoznačně definovány. Vše spojoval 35mm film jako článek mezi řadou odlišných procesů ( natáčení, střih, postprodukce, efekty, projekce ). V okamžiku přenesení obrazu z fyzického nosiče se celý proces může přesunout ze světa fotochemie do světa bitů a bajtů. Tato změna je natolik výrazná, že celý proces a hranice mezi jednotlivými kroky výroby se definitivně stírají.

### 4.1 Klasická a digitální technologie

Klasický - analogový postup výroby je technicky velice náročný. Při natáčení se exponuje negativní 35mm film citlivý na světlo. S tímto materiálem, nebo jeho kopiemi, se pak pracuje na různých úrovních po celou dobu. Hlavní nevýhodou je, že při každé významné operaci dochází ke ztrátě kvality. A to i v okamžiku, kdy máme film hotový, dalším množením distribučních kopií ubíráme na kvalitě. Představme si situaci konečného diváka v menším kině. Tam dostanou kopii filmu z multiplexu, kde hrála v kuse celý týden. Pak výsledná kvalita projekce není zrovna to nejlepší. Z vlastní zkušenosti mohu říci, že vidět první pozitivní kopii promítanou při denních pracích, a to bez jakýchkoli korekcí, je co se týče kvality obrazu opravdovým zážitkem.

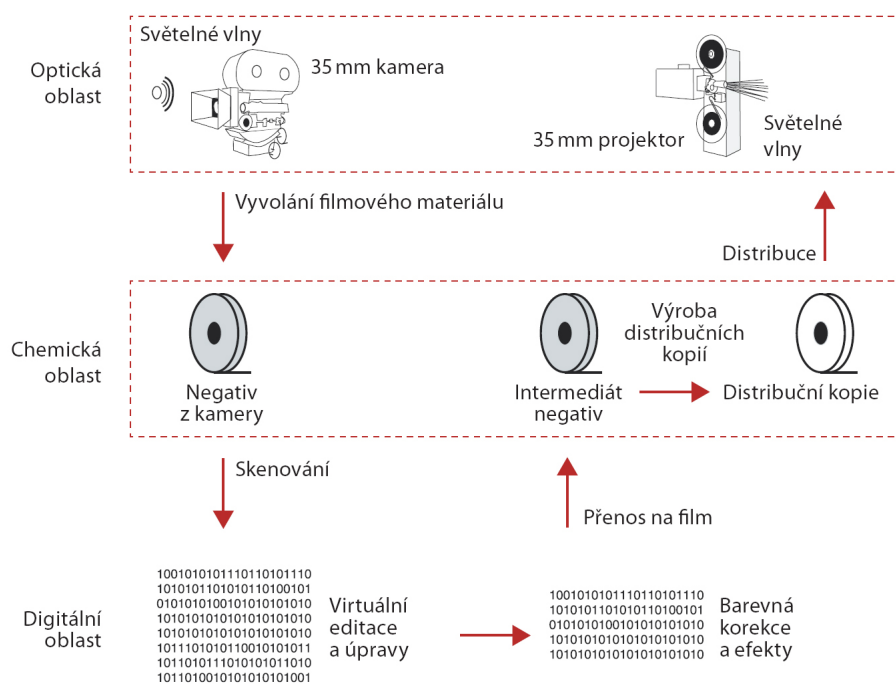


*Řetězec analogového zpracování 35 mm filmu*

Digitální technologie na rozdíl od analogové, umožňuje pracovat s digitálními daty. Ty netrpí nečistotami jako klasický postup, s daty můžeme do nekonečna pracovat, kopírovat a v podstatě kvalita zůstává zachována. Toto je ale prozatím jen ideální situace. I když už

máme možnost točit digitálními filmovými kamerami, systém projekce je stále v drtivé většině analogový, promítá se z filmových kopií 35 mm filmu. V dnešní době se do značné míry používá kombinace, to znamená, že se natáčí na 35 mm film, který se zdigitalizuje a celá postprodukce pak probíhá digitálně. Finální produkt se pak zpětně vypálí na 35 mm film, z kterého se vyrobí distribuční kopie do kin. Tato metoda je velkým zkvalitněním a zjednodušením práce pro tvůrce. Není potřeba sedět ve střížně a přehrabovat v pásech filmu, ale z pohodlí křesla vše provést na monitoru počítače. V souvislosti s digitální technologií je potřeba se ještě zmínit o tzv. Digitálním intermediátu - DI. Jde o soubor nebo soubory dat, které získáme většinou skenováním a jsou používány pro veškerou postprodukční práci ( stříh, efekty, barevnou korekci, ...). Tyto soubory pak nesou veškeré potřebné informace.

Jedním z prvních využití digitální technologie byl právě stříh. Materiál se přepsal do počítače v náhledové kvalitě, kde se postříhal a na základě soupisky se pak nastříhal originální negativ. Tento způsob stříhu se označuje jako off-line. Pokud pracujeme se soubory v plné obrazové kvalitě, pak hovoříme o on-line stříhu.



Řetězec zpracování analogového 35mm filmu

## 4.2 Digitalizace filmu

Podstatou digitalizace je převod analogového materiálu do číselné podoby. Základní systémy jsou v podstatě dva.

**Telecine** - jeden z neznámějších způsobů snímání 35 mm filmů. Snímač pracuje v reálném čase. Jedná se o komplikované zařízení, schopné snímat film, pohybující se ve filmové stopě, světlocitlivým elektronickým systémem. Výstupem může být analogový signál nebo přímo digitální data pro obrazovou postprodukcii. První zařízení byly určeny pro přepis filmů do standardního rozlišení ( PAL, NTSC ). Používaly se například pro výrobu televizních reklam, kdy originálem je 35 mm negativní film, ale konečný výstup je určen pro televizní vysílání. Dnes již existují zařízení umožňující snímání ve 2k rozlišení.

**Filmový skener** - je alternativní zařízení pro převod filmu do digitální podoby. Pracuje podobně jako stolní skener, digitalizuje políčko po políčku. Technologie je náročnější na čas převodu, ale dosahuje lepších kvalitativních výsledků. Filmové skenery dokáží snímat film do vysokých rozlišení a barevných hloubek. Hodí se všude tam, kde je prioritou kvalita, například pro speciální digitální efekty.

## 4.3 Formát Cineon

Proces skenování až po vypalování, se drží podle standartu, který byl definován Kodakem již při samotném vývoji jeho zařízení. Jedná se o formát dat Cineon pracující v barevném prostoru RGB s 10 bity logaritmicky. Ostatní firmy ( ARRI, CELCO ) tento standart převzaly a lze tedy mluvit o normě, podle které můžeme jednotlivé zařízení a jejich výsledky a schopnosti srovnávat. Cineon definuje závislost hodnoty pixelu na hustotu filmového negativu. Byl vyroben k udržení všech potřebných informací obsažených v negativu, takže vytvořil prakticky digitální negativ. Má přímou úměru k negativu – logaritmický průběh. Ta souvisí s lidským vnímáním, naše oči vidí každé zdvojnásobení množství světla jako stejný přírůstek. Právě proto lidské oko, stejně jako filmový materiál, dokáže rozlišit změny v množství světla v širokém rozsahu úrovní intenzity osvětlení. Při vysokých i nízkých intenzitách osvětlení má filmový materiál dostatečnou citlivost, aby dokázal zachytit i velmi malé rozdíly v úrovni intenzity osvětlení. Jemné přechody mezi jasnými tóny nebo detaily působí mnohem příjemněji, na rozdíl od velmi tvrdých přechodů, které nabízí video.



*Filmový skener Northlight*

#### 4.4 On-line pracoviště

Na světě existuje několik málo firem, které jsou schopny nabídnout zařízení pro profesionální on-line zpracování. Nároky na úpravu obrovských kvant dat jsou vysoké a v dnešní době to zvládají jen ty nejvýkonnější počítačové systémy. S tím souvisí i finanční náročnost. Je jen otázkou času, kdy bude možné podobné operace provádět na běžných počítačích.

On line pracoviště lze rozdělit na dvě skupiny podle výrobce:

1. Discreet Logic: Inferno, Flame, Fire, Smoke.

Využívají software Silicon Graphics. Inferno a Flame jsou používány pro trikové zpracování obrazu. Fire a Smoke pak pro stříhové účely.

2. Quantel: IQ, Henry, Editbox.

IQ je určen pro práci v rozlišení 2K a 4k. Henry a Editbox pouze v PALu.

Digitální telecine:

Zařízení určená pro barevné korekce digitálního ( i analogového ) obrazu.

Např. Korekce DigiBeta – DigiBeta.

Příklad: da Vinci, Colossus

## 4.5 Filmové rekordéry

Poslední fází dnešní podoby digitálního zpracování jsou filmové rekordéry. Umožňují nám digitální informaci převést zpět do analogové formy na 35mm film. Existují dva zásadní systémy CRT ( Cathode ray tube ) a LASER.

**CRT** technologie využívá promítání obrazu z CRT nebo LCD displeje na klasický negativní materiál. Děje se tak postupným procesem přes trojici barevných filtrů RGB. Každé políčko je tak vlastně exponováno třikrát. Rychlost vypalování je závislá na citlivosti filmového materiálu, je to dáno intenzitou obrazovky a potřebným časem na exponování. Kvalita obrazu je u CRT technologie horší, je to především dáno použitou technologií. Nutností obraz kvalitně zobrazit přes optickou soustavu a s použitím 3 filtrů postupně naexponovat. Dochází k akumulaci malých nepřesností, které se projeví negativně na výsledku.

**Laserová** technologie je založena na přímém exponování filmového negativu laserem. Tím, že je použit jeden paprsek složený z trojice barevných laserů, je expozice provedena jen jedenkrát. Rychlost vypalování v tomto případě není omezena citlivostí filmu, protože intenzita laseru může být v podstatě jakákoli. Rychlost je ve výsledku asi 3x větší než u CRT technologie. Kvalita obrazu je také nesrovnatelně lepší, jak v barevném podání, rozlišení tak i v expoziční pružnosti. U nás je používaný systém ARRILASER.



*Filmový rekordér ARRILASER*

## 5 DIGITÁLNÍ PROJEKCE

O tom, že do budoucna budeme promítat filmy z digitálních projektorů, asi není pochyb. Prozatím ale v drtivé většině projekce probíhá z klasických 35 mm promítaček. V multiplexech se objevily projektory, ale jen jako doplněk, většinou pro promítání reklam.

### 5.1 Technická omezení filmu

I přes své nesporné výhody trpí 35 mm film zásadními technickými omezeními. Za prvé je i přes úspěchy dosaženými výrobcí filmů nemožné dále zmenšovat velikost stříbrných zrn obsažených ve filmovém nosiči pod jejich současnou velikost. Rozlišení se v současné době blíží svému optimu. Za druhé, světelný tok filmových promítaček nelze zvyšovat donekonečna. Nejvýkonnější lampy, se svými 7 000 wattů, již přinášejí celou řadu technických problémů s chlazením. Při výkonu nad 10 000 wattů by vznikající teplo filmový materiál jednoduše zničilo! Dalším problémem jsou mechanické nečistoty, které i přes veškerá ochranná opatření 35mm znečišťují. A v neposlední řadě je filmový materiál vystaven mechanickému opotřebení. Obě dvě tyto skutečnosti mají nepříznivý vliv na kvalitu projekce. Kromě toho mají filmové kopie pořizované ve velkém množství a v krátkém čase také často poměrně špatnou kvalitu.

### 5.2 Výhody digitální projekce

V případě digitální projekce je obraz zcela bez prachu a škrábanců. Na první nebo dvousté promítání se diváci nesetkají se žádnými známkami mechanického opotřebení. Jas obrazu je stálý a vzhledem k tomu, že projekční systém neobsahuje žádné pohyblivé součásti, je obraz také zcela stabilní. Digitální projekce umožňuje promítat obraz s rozlišením a úrovní kontrastu přinejmenším srovnatelným, pokud ne lepším než v případě 35mm filmu. Projekci na velká plátna umožnily tři technické novinky.

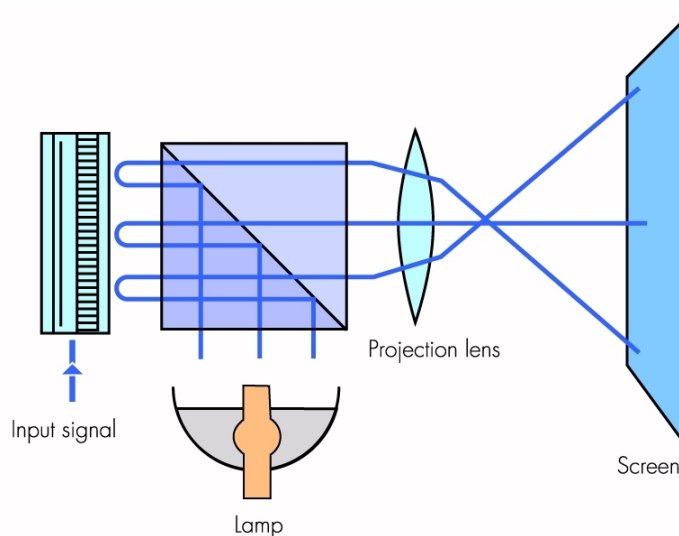
### 5.3 Technologie DMD/DLP

V roce 1987 tři výzkumní pracovníci v americké firmě Texas Instruments vyvinuli čip známý pod zkratkou DMD ( Digital Micromirror Device ). Tento čip se skládá z velkého množství mikroskopických zrcadel, která se mohou velice rychle naklánět do dvou poloh. Fungují tak, že v jednom případě se paprsek světla odrazí do objektivu a ten je pak zob-

razen na plátně v podobě svítícího bodu. Nebo jednoduše, v případě druhém neodrazí nic. Texas Instruments prodává tyto čipy pod obchodním názvem DLP ( Digital Light Processing ). Technicky nejvyspělejší obvody navrženy speciálně pro digitální kino se nazývají DLP Cinema. Reprodukce barev v digitálních projektorech v kinech je řešena třemi čipy DMD, umístěnými před červeným, zeleným a modrým filtrem. Obraz z těchto čipů se pak skládá a promítá přes objektiv na plátno. U domácích projektorů se využívá jiné metody, používá se jen jeden čip, před kterým rotuje kotouč s barevnými filtry.

#### 5.4 Technologie D-ILA

Technologie D-ILA ( zkratka pro Image Light Amplification ), vynález společnosti JVC, funguje podobně jako DPL firmy Texas Instruments – na základě odrazu světla. V tomto případě však obraz není vytvářen mikroskopickými zrcadly, ale panelem vyrobeným z reflexního tekutého krystalu. Proud světla z lampy projektoru dopadá na povrch tohoto panelu, který obraz odráží přes soustavu hranolů.



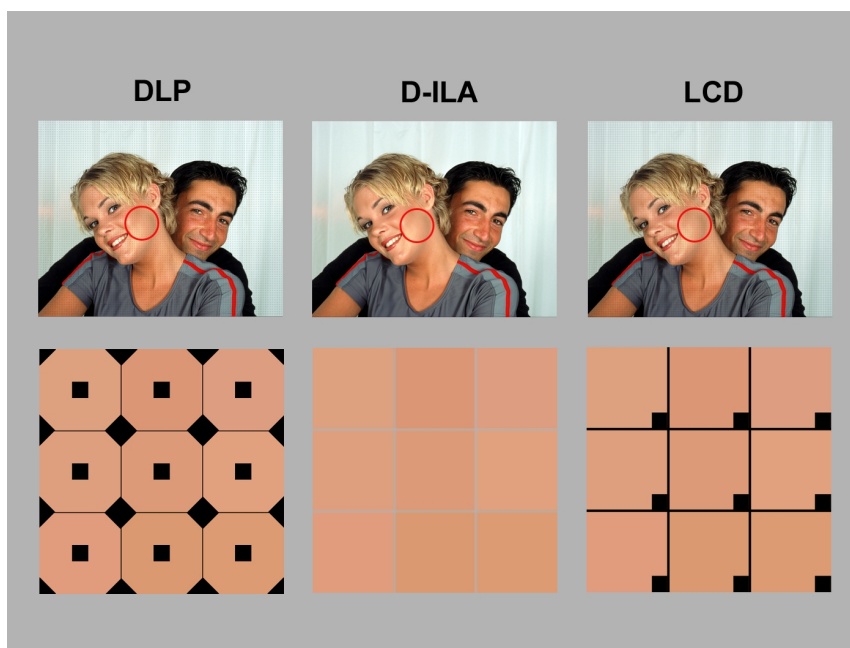
*Princip promítání u D-ILA technologie*

#### 5.5 Technologie SXRD

Také firma Sony vyvinula svůj nový systém založený na stejném základě jako D-ILA od JVC, známém pod obchodní zkratkou SXRD ( Silicon X-tal Reflective Display ). Tuto technologii společnost Sony poprvé veřejně představila na veletrhu IBC v Amsterdamu v



září roku 2004. Obě technologie D-ILA a SXRD mají oproti konkurenčním technologiím jednu velkou výhodu. Výsledný promítaný obraz neobsahuje nám dobře známou černou mřížku, ale v podstatě jen čistý obraz. Je to dáno tím, že jednotlivé pixely jsou umístěny na čipu velmi těsně vedle sebe, prakticky bez mezer.



*Rozdíly v rastrech promítaných obrazů digitálními projektory*

## 5.6 Parametry promítaného obrazu

Pro účely srovnání s 35mm projektory jsou digitální projektory klasifikovány dle čtyř základních parametrů obrazu: světelného toku, kolorimetrického prostoru, rozlišení a kontrastu.

**Světelný tok** – udává, jaké množství světla dopadá na projekční plátno. Současné lampy v 35 mm projektorech mohou dosahovat až 7000 wattů výkonů. Efektivní výkon digitálních projektorů se měří v lumenech při dopadu na promítací plátno. Pro projekci ve velkých kinech potřebujeme výkon alespoň 10 000 lumenů.

**Kolorimetrický prostor** - je dáno paletou barev, které lze na promítací plátno zobrazit. Kolorimetrický prostor u 35 mm filmu je dán kombinací tří různých zbarvených vrstev. U digitálního projektoru je dán použitím červeného, zeleného a modrého filtru odlišných hodnot a má proto odlišný kolorimetrický prostor. Prakticky to ale znamená, že paleta barev dosahuje daleko větších možností, než nabízí 35 mm film. Návštěvníci kin tak mohou poprvé spatřit barvy, které doposud nebylo technicky možné na plátně zobrazit.

**Rozlišení** - Při použití 2k rozlišení se teoreticky dostáváme na podobnou úroveň ostrosti, jakou nám poskytuje 35 mm film. Vše navíc může být umocněno tím, že není v kině promítán originální negativ, ale vlastně několikátá kopie, která je produktem složité postprodukce. V případě 4k rozlišení se ale již dostáváme s rozlišením nad možnosti 35 mm filmu. Projekce tak ve výsledku může dosahovat nebývalé kvality.

Kontrast je posledním parametrem, který přímo ovlivňuje kvalitu obrazu. Udává poměr jasových hodnot mezi černou a bílou plochou v obraze. Za velmi slušný poměr můžeme označit kontrast 1000:1. Dnešní technologie však umožňují daleko lepší poměry, které mohou dosahovat i 3000:1.

## 5.7 Projektory

Společnosti, které se zabývají výrobou projektorů jsou Barco, Christie, Cinemeccanica, NEC, JVC a Sony. Většina z nich produkuje projektory pro digitální projekci v malých nebo větších kinosálech s rozlišením do 2k. Za zmínku stojí projektor Sony SRX-R110, který jako jediný na světě umožňuje projekci v rozlišení 4k. Svítivost je 10000 lumenech a kontrast dosahuje hodnoty 4000:1. Samozřejmostí je trojice SXDR čipů. Bohužel pořizovací cena není zrovna příznivá 80.000 \$. Sony připravuje nový model pod označením SRX-R220, který má mít podobné parametry jako SRX-R110. Rozdíl bude ve svítivosti, která by měla být neuvěřitelných 18000 lumenů!



*Digitální projektor Sony SRX-R110*

## ZÁVĚR

Digitální kinematografie je rozhodně zásadní změnou v historii filmu. Prozatím jsme svědky začátků práce s touto technologií. Pokud se změny dotknou celého řetězce, má se divák na co těšit. Sám jsem měl před nedávnem možnost vidět 4k projekci. Ve firmě Cinepost v Barrandovských studiích předváděl Felix Nevřela světově druhou instalaci projektoru Sony SRX-R110. K vidění byly projekce naskenovaných 35 mm filmů, počítačových 3D animací a také experimentálního filmu natočeného digitální kamerou Dalsa. Kvalita obrazu byla neskutečná, zvláště 3D grafika ukázala plně možnosti technologie. Ostrost obrazu převyšovala veškerá očekávání, dalo by se říci, že pro nezasvěceného diváka byla až nepřirozená.

Snahou producentů a distributorů je zmírnit náklady na výrobu a distribuci filmů. Tato snaha o prosazení digitální technologie v podobě D-Cinema vedla, pod záštitou sedmi významných amerických filmových společností ( Disney, Fox, MGM, Paramount, Sony Pictures Entertainment, Universal a Warner Bros ), k vytvoření sdružení Digital Cinema Initiatives ( DCI ), jehož úkolem bylo vypracovat seznam specifikací. V současné době nelze přesně odhadnout, co lze v nadcházejících letech očekávat. Bohužel, poslední článek vybavení kin je velmi nákladnou investicí. Pokud nedojde k finanční podpoře ze strany distributorů, nelze očekávat velké změny v nastávajících letech.

Je jen otázkou času než se D-Cinema prosadí, vše bude záležet na snaze všech zainteresovaných stran. Největší přínos by to ale mělo mít pro diváka, ten by mohl sledovat film s novými nebývalými obrazovými zážitky.

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY A OSTATNÍCH ZDROJŮ**

- [1] AUTORSKÝ TÝM: *Technické základy fotografie, Komora fotografických činností*, ISBN 80-02-01492-8
- [2] ČSN 011718 *Měření barev*, vydavatelství úřadů pro normalizaci a měření. , 1966.
- [3] JAN EIGL, VĚRA BLUMOVÁ, *Optické základy obrazové techniky*. Praha : FAMU, 1993.
- [4] JOSEF PEŠEK, *Základní principy televize a magnetického záznamu obrazu*. Jinočany : H and H, 1993.
- [5] JURAJ FANDLI, *Digitálna kinematografia, habilitační práce 2006 , VŠMU*
- [6] PAUL WHEELER : *DIGITAL CINEMATOGRAPHY*, ISBN 0 240 516141
- [7] PAUL WHEELER : *HIGT DEFINITION AND 24 P CINEMATOGRAFHY* ISBN 0 240 51576 1
- [8] MARTIN ŠTĚPÁNEK, *Kameramanské postupy ovlivněné novými technologiemi v kinematografii, diplomová práce 2002, FAMU*
- [9] MAREK TICHÝ, *Digitální filmové kamery, článek z časopisu Pixel číslo 136*
- [10] MICHAL KRSEK, *Film v propojeném světě, článek z časopisu Pixel číslo 129*
- [11] JAN BURIÁNEK, *Vzorkování barev pro zpracování digitálního videa, článek z časopisu Pixel číslo 115*
- [12] <http://www.europa-cinemas.org>, EUROPA CINEMAS, *průvodce digitálním kinem*
- [13] <http://www.sonybiz.net/>, <http://www.canopus.com>, <http://www.red.com/>,  
<http://panasonic-broadcast.com/>, <http://www.arri.de/>, <http://pro.jvc.com/>,  
[http://www.dalsa.com/dc/4K\\_products/origin\\_main.asp](http://www.dalsa.com/dc/4K_products/origin_main.asp),