



Ústav automatizace a informatiky
Fakulta strojního inženýrství
Vysoké učení technické v Brně

Přednáška 5. z předmětu

Počítače a grafika

Ing. Radek Poliščuk, Ph.D.



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Obsah přednášky

● Přednáška 5 – Záznam obrazu:

- ▶ vstupní a polohovací zařízení,
- ▶ klasifikace zařízení pro záznam a digitalizaci obrazu (rozložení a typy snímačů, rozlišení, barevné kanály, bitová hloubka),
- ▶ černobílá a barevná televizní záznamová technika,
- ▶ přenos dat do počítače a digitalizační karty.



Vstupní zařízení - HID

Nezákladnější metodou vytvoření bitmapového a nebo vektorového obrazu v počítači je jeho nakreslení s pomocí příslušných vstupních (HID) zařízení:

- **Klávesnice:**

- ▶ Zadávání grafiky pomocí příkazů (menu, kurzor, horké klávesy)
- ▶ V grafických aplikacích omezené využití (Autocad?)

- **Joystick:**

- ▶ Pohyb kurzoru ve směru daném vychýlením páčky (diskrétně nebo spojitě, absolutně nebo periodicky),
- ▶ Používáno jen tam kde není jiné řešení (mobilní řešení,...)

- **Myš, Trackball:**

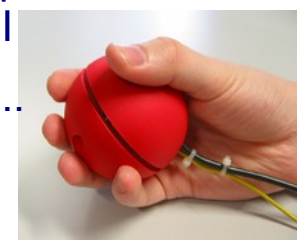
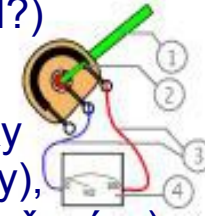
- ▶ Pohyb kurzoru je zjišťován ze směru pohybu podložky oproti snímači v zařízení
- ▶ Základní vstupní metoda používaná u desktopových GUI

- **Speciální: 3D Orb, Space navigator (Stewartova platforma),...**

- **Tablet, Touch Pad, Touch Screen:**

- ▶ Detekce fáze 2 kolmých VF elektrických vln k podložce (u indukčních tabletů se využívá i detekce přítlaku na podložku),
- ▶ Rezistivní: pohyb kurzoru je určován detekcí polohy ukazovátka,
- ▶ Kapacitní: měření vodivosti na matici „otevřených“ kondenzátorů,
- ▶ IR rámečky: detekce zaclonění párů IR LED/detektor v osách X a Y.

...



Optický záznam

Podle určení snímaného obrazu obrazové digitizéry rozlišujeme na:

- **Skenery:**
 - ▶ rastrový záznam statického obrazu v delším čase
- **Fotoaparáty:**
 - ▶ záznam statického obrazu v jednom časovém okamžiku
- **Videokamery:**
 - ▶ záznam pohyblivého obrazu s danou snímkovou frekvencí,
 - ▶ u analogových kamer prostřednictvím digitalizační karty.
- **Speciální zařízení:** laserové snímání 3D scén, ...



Optický záznam

Podle geometrického uspořádání snímače rozlišujeme:

- **Bodové**

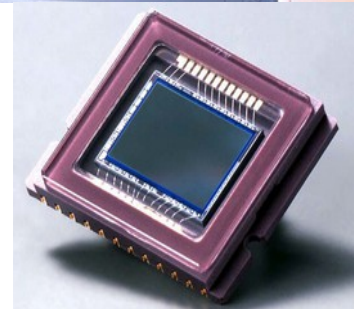
- ▶ bodové scannery, kolorimetrické/spektrometrické sondy,
- ▶ bodové senzory v průmyslové automatizaci.
- ▶ Dokonalá rovnoměrnost záznamu (jediný snímač).

- **Liniové**

- ▶ běžné skenery (ruční, průchozí, ploché, filmové),
- ▶ snímač je tvořen osvětlením a řadou čidel (kontaktní nebo s optikou),
- ▶ statický obraz se skenuje řádek po řádku,
- ▶ barva se rozlišuje ztrojením/proložením/změnou filtrů na čidlech a nebo přepínáním osvětlení.

- **Plošné:**

- ▶ maticové snímače ve fotoaparátech a kamerách,
- ▶ opakované nabíjení / čtení dat+vybíjení,
- ▶ Díky záznamu obrazu v jednom okamžiku použitelné i u dynamických scén (možnost použití závěrky)



Optický záznam

Technologie používaných snímačů:

- Historické: **Ikonoskop** (1929), **Orthicon** (1940), **Vidicon**,...

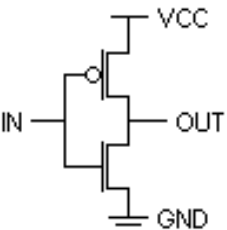
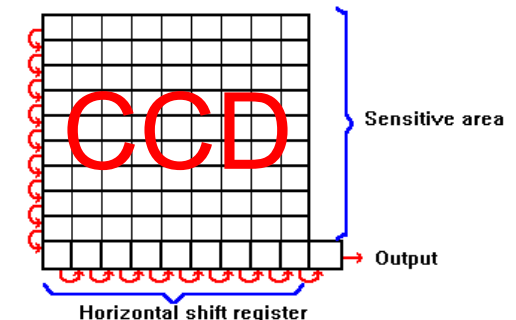
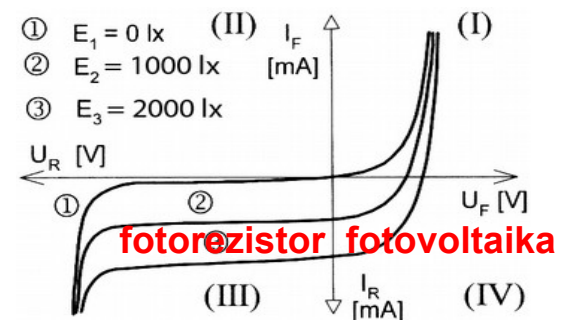
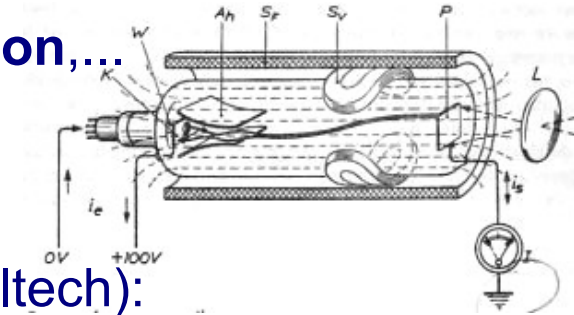
- ▶ princip elektronky s mřížkou a řádkujícím svazkem
- ▶ v místech dopadu světla na mřížku se mění zesílení, díky řádkování je na výstupu interpretován obraz.

- **CCD** (Couple Charge Device, 1970 – Philips, Bell, Caltech):

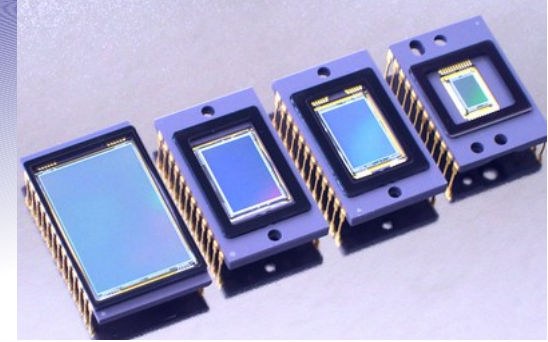
- ▶ Pole fotodiod v závěrném směru a kondenzátorů,
- ▶ obrazová expozice řídí napájecí proudy buněk (III)
- ▶ čtení obrazu probíhá postupným vybíjením náboje buněk prostřednictvím „posuvných registrů“ (vodorovné v dolním řádku, pak svisle)
- ▶ na výstupu je jediný zesilovač (a A/D převodník).
- ▶ Nabíjecí proud \Rightarrow tepelný šum \Rightarrow potřeba chlazení

- **CMOS** (Complementary Metal Oxide Semiconductor)

- ▶ shodný fyzikální princip detekce obrazu jako u CCD
- ▶ každá buňka funguje i jako adresovatelná paměť
- ▶ nízká spotřeba, díky integraci i nižší výr. náklady.
- ▶ víc „převodníků“ \Rightarrow nehomogenity, nutnost korekcí.

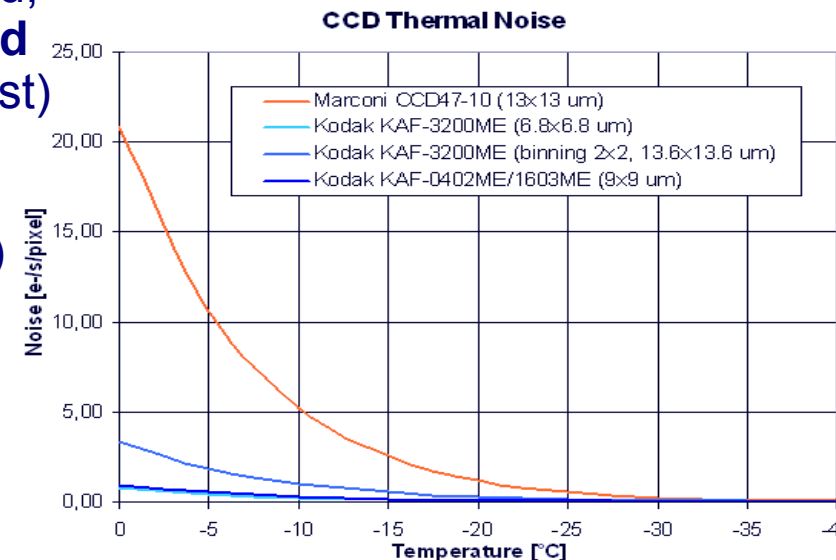
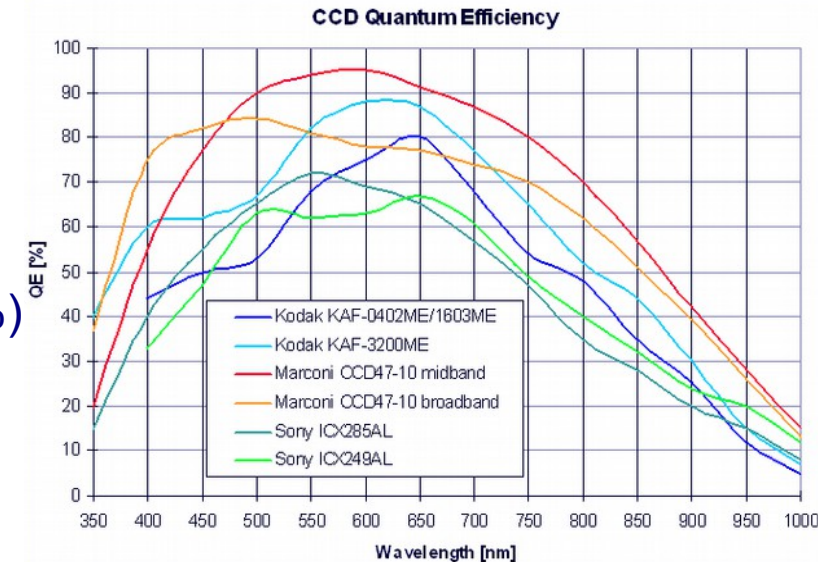


Optický záznam

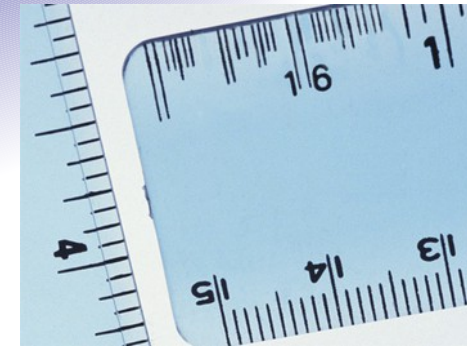


Fyzikální omezení obrazových snímačů:

- **Kvantová účinnost (QE, e⁻/foton)**
 - ▶ Spektrální rozsah od UV do FIR ⇒ filtry
 - ▶ účinnost >90% jen monochromaticky a za ideálních podmínek (aplikace filtrů ↘ 25-30%)
 - ▶ Kapacita buněk bývá prostorově omezená ⇒ omezení expozičního rozsahu a zesílení.
 - **Temný proud a čtecí bílý šum**
 - ▶ Proud v buňce neovlivňuje jen energie fotonů, ale i stabilní ohřev proudem ⇒ **temný proud** (lze změřit při zablouknutí objektivu a odečíst)
 - ▶ Signál který jde do zesilovače je ovlivněn i náhodně radiací a napájením ⇒ **bílý šum** (statistické metody, průměrování, binning...)
 - **Nehomogenity dané optickou trasou**
 - ▶ Efekty typu vinětace objektivu lze korigovat po expozici homogenního **světlého pole**
- ...detaily viz <http://www.gxccd.com/art?id=303>

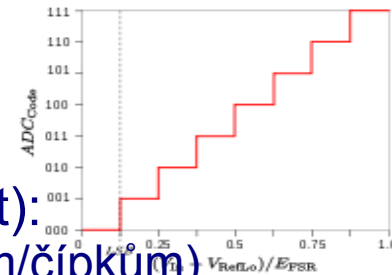


Optický záznam

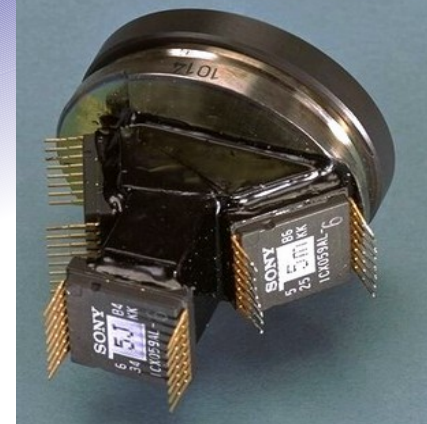


Technické parametry používaných snímačů:

- **Počet vzorků** (pixely/řádek \times pixely/sloupec \rightarrow pixely celkem, MPx),
- **Rozlišení** = počet vzorků na jednotku délky (SPMM, SPI - **ne DPI ani DPI²!**),
- **Dynamický rozsah** (v konečném expozičním čase):
 - ▶ minimální (práh citlivosti) a maximální zaznamenateľná hodnota osvětlení,
 - ▶ záleží na počtu fotonů které projdou buňkou při expozici:
 - ▶ čím menší buňka a účinnost substrátu, tím horší citlivost, kapacita a odstup tepelného šumu od obrazové informace
- **Bitová hloubka** (počet úrovní které je možné v signálu rozlišit):
 - ▶ Lidské oko: 1:1 000 000 000 (90 dB $\sim 1:2^{30}$...díky tyčinkám/čípkům)
 - ▶ Nejlepší CCD: 1: 11 000 (40 dB $\sim 1:2^{13,4}$, 40dB radiometricky),
 - ▶ fotometrická komprese γ křivkou (NTSC/sRGB): 1:3000, 12 bit \rightarrow 8 bit
 - ▶ i při plném dynamickém rozsahu CCD pro fotometrii (γ) stačí 10 bitů.
- **Počet kanálů** (mono/barva, pomocné kanály – NIR, UV...)



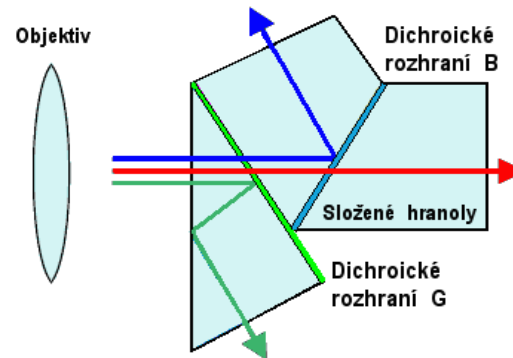
Optický záznam



Záznam barvy je obvykle založený na trichromatickém principu:

- **Rozklad obrazu (3-čipové řešení)**

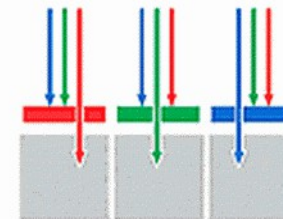
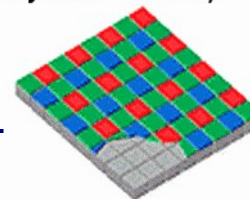
- ▶ Vstupující svazek je rozdělen dvojicí dichroických rozhraní do tří svazků o stejné délce optické trasy (⇒ běžný objektiv).
- ▶ 3 snímače/pixel ⇒ přesné barvy.



- **Prokládání (1-čipové uspořádání)**

- ▶ Optika promítá obraz přímo na čip,
- ▶ barevný obraz se tak jako v oku tvoří ze skupin snímačů s různými barevnými filtry (**Bayerovo schéma**).
- ▶ Prokládané barvy, barevné artefakty.

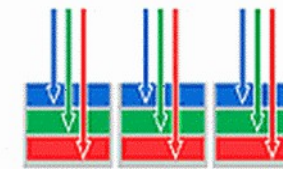
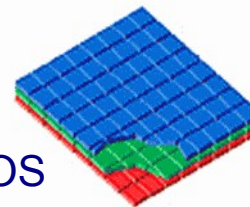
Mozaikový záznam
(Bayerovo schéma)



- **Vrstvení (tandemové uspořádání)**

- ▶ Rozdíly mezi barevnými kanály jsou zaznamenávány snímači v různých hloubkách křemíkového substrátu
- ▶ 3 snímače/pixel v 1 čipu ⇒ cena.
- ▶ Přesnost barev je dána kalibrací CMOS

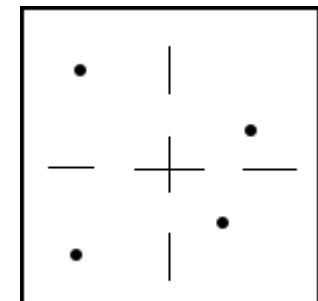
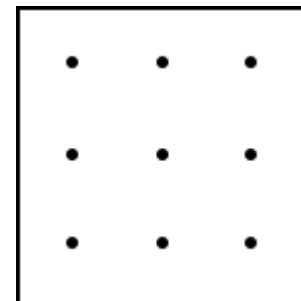
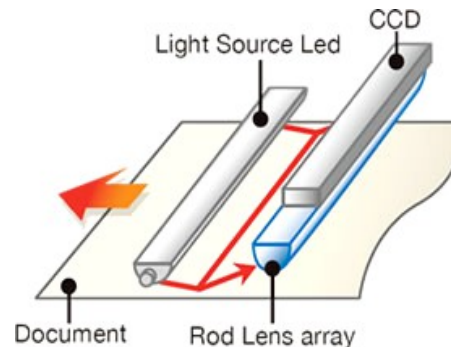
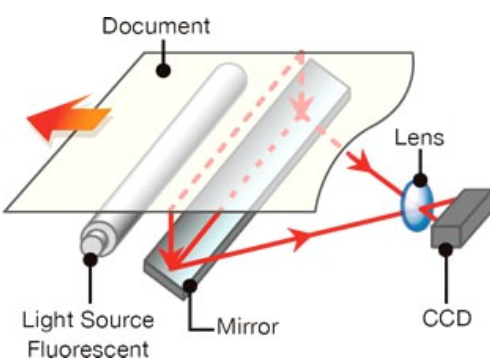
Foveon® X3™



Optický záznam

Digitální kopírka, FAX, stolní skener (angl. Scanner):

- Osvětlení scény pomocí LED, xenonové lampy nebo zářivky
- **Liniový snímač** CCD nebo CMOS:
 - ▶ s klasickou optikou nebo s mikročočkami (hloubka ostroti), nebo
 - ▶ CIS (Contact Image Sensor - vláknová optika těsně u objektu).
 - ▶ Digital ICE/FARE: Infračervená detekce škrábanců a pod.
- **Optické rozlišení** 100 (FAX) – 6000 (filmové skenery) DPI, víc jen bubnové skenery (rotující skleněný buben, bodový snímač).
- Zaznamenaná data se převzorkují do výstupního formátu, u faxu a kopírky se předají druhému zařízení, skener přenáší do PC.
- K potlačení interference pravidelných rastrů (tisk, štočky apod) se při převzorkování do nižšího rozlišení provádí náhodný antialiasing.

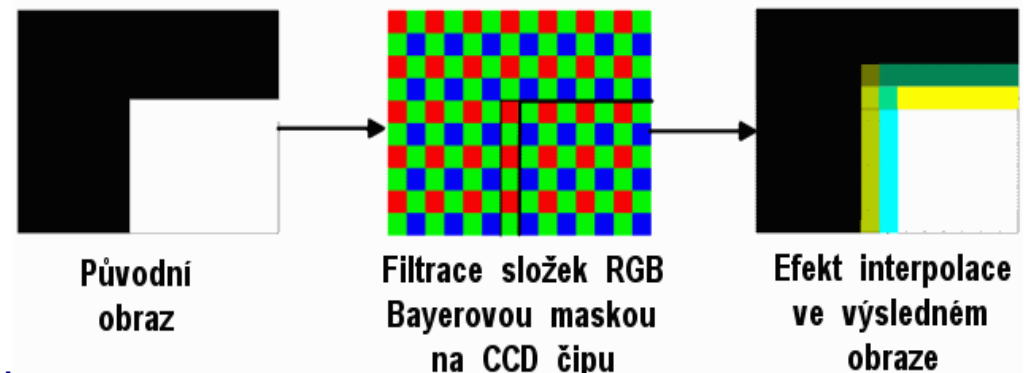


Optický záznam



Digitální fotoaparát (Still Camera):

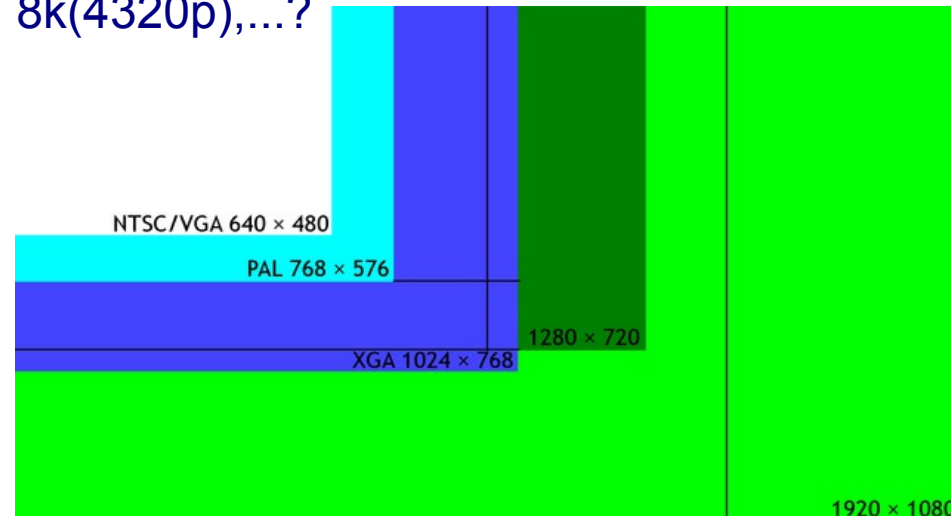
- Schopnost postupného záznamu jednotlivých snímků:
 - ▶ obraz se optikou v objektivu promítá na snímač v ohniskové rovině,
 - ▶ objektivy dnes běžně mívají transfokátor (změna ohniskové vzdál.= „zoom“)
 - ▶ Pro přesnější definici doby nabíjení/vybíjení CCD se používá mechanická závěrka.
- Dnes převážně jednočipové (Bayerovo schéma):
 - ▶ pro efektivní záznam barevné informace je potřebný vyšší počet vzorků (MPx),
 - ▶ hodnoty barev v jednotlivých bodech se vždy interpolují \Rightarrow fotoaparáty musí mít také
 - ▶ **obrazový procesor**
 - ▶ kromě barvy řeší i kompresi obrazu na paměťové médium
 - ▶ u snímačů FOVEON X3 řeší také slučování buněk v režimu nízkého jasu (vyšší dyn.rozsah)
- Probíhá konvergence vlastností s
 - ▶ digitálními kamerami (záznam videa) a
 - ▶ mobilními telefony a PDA (přenos dat, uživatelské aplikace).



Záznamová zařízení

Videokamera:

- Schopnost záznamu pohyblivého obrazu s určitou snímkovou frekvencí (>24Hz)
- jedno nebo tříčipová řešení, CCD snímáče:
 - ▶ používá se vyšší rozlišení než nominální (možnost sw stabilizace, záznam do anamorfických formátů, digitální fotografie)
- Analogový nebo digitální přenos obrazu do záznamové jednotky:
 - ▶ **NTSC** (1941, RCA+FCC, USA): 640×480 @ 29,97fps (525 řádek prokládaně)
 - ▶ **PAL/SECAM** ('57, Thomson/Telefunken): 768×576 @ 25fps (625ř., prokl.)
 - ▶ **EDTV**: 480p60, 576p50, 720i50, 720i60, 720p24, 720p25, 720p30
 - ▶ **HDTV**: 720p50, 720p60, 1080p24, 1080p25, 1080p30, 1080i50, 1080i60
 - ▶ **Ultra HDTV**: 4k(2160p), 8k(4320p),...?



Televizní technika



Záznam a zpracování televizního obrazu:

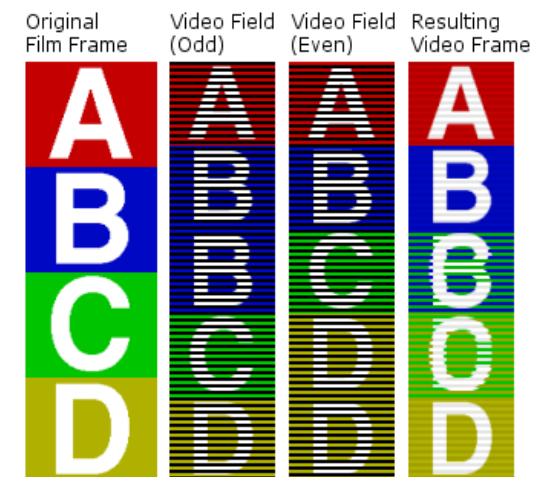
- Klasická evropská TV produkce využívala PAL/PAL-DV, dnes se používá:

- ▶ AVC-Intra 112 Mbps – P2 camera (4.2.2, 1920 x 1080, 10 bit)
- ▶ XDCAM "Long GOP" 50 Mbps – XDCAM camera (4.2.2, 1920 x 1080, 8 bit)
- ▶ DVCPRO "Intra" 100 Mbps (3.1,5.1,5, 1440 x 1080, 8 bit)

(První komerční HDTV vysílání v EU zahájilo ProSieben 25.10.2005)



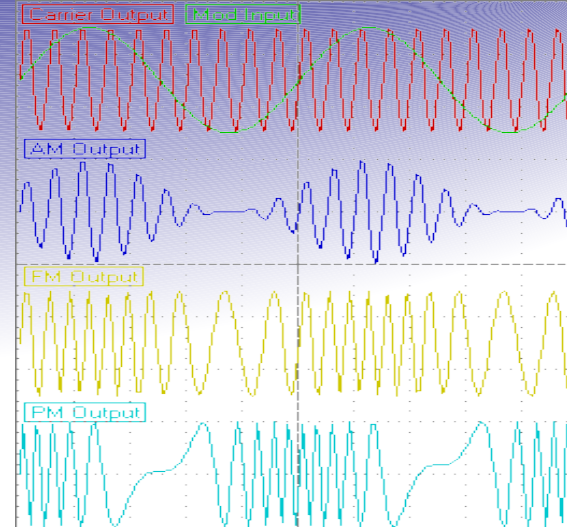
- Přepis klasických filmů (p24FPS) do formátu PAL (i25FPS) se řeší zrychleným snímkováním na 25FPS + případnou korekcí zvukové stopy.
- Přepis 24FPS do formátu NTSC (i29,97) je složitější, začíná zpomalením na 23,976FPS a rozkladem 4 po sobě jdoucích políček do 5 pulsnímků („TeleCine“).
 - ▶ HDTV řešení kopírují historické/politické frekvence a (zlo)zvyky PAL/NTSC, na progresivní formáty si budeme muset počkat...
 - ▶ „DVD“ a „Home Cinema“ řešení nedefinují žádné nové normy, řeší jen způsob ukládání TV dat na DVD a anamorfové formáty.
- Paketové streamy mohou přenášet i originální formáty.



Televizní technika

Vysílání a příjem obrazu

● Analogové (NTSC, SÉCAM, PAL...)



PAL	řádky	FPS	Ch	Vid	Snd	Side	Modulace	Poznámky
A	405	25	5	3	-3.5	0.75	Pos. AM	Old UK VHF system (B/W only)
B	625	25	7	5	+5.5	0.75	Neg. FM	VHF only in most countries. VHF & UHF in Australia (viz G a H)
C	625	25	7	5	+5.5	0.75	Pos. AM	Old VHF system used only in Belgium
D	625	25	8	6	+6.5	0.75	Neg. FM	VHF only (see system K)
E	819	25	14	10	±11.15	1.2	Pos. AM	Old French VHF system
F	819	25	7	5	+5.5	0.75	Pos. AM	Old VHF system used only in Belgium and Luxembourg
G	625	25	8	5	+5.5	0.75	Neg. FM	UHF only (see system B)
H	625	25	8	5	+5.5	1.1	Neg. FM	UHF only (see system B)
I	625	25	8	5,5	+5.996	1.1	Neg. FM	UK, Ireland, South Africa & Hong Kong
K	625	25	8	6	+6.5	0.75	Neg. FM	UHF only (see system D)
K'	625	25	8	6	+6.5	1.1	Neg. FM	French overseas departments and territories
L	625	25	8	6	+6.5	1.1	Pos. AM	France: audio -6.5 MHz on VHF Band 1 only
M	525	29.97	6	+4,2	+4.5	0.75	Neg. FM	Amerika+Japonsko, Filipíny, J.Korea (NTSC-M); Brazílie (PAL-M)
N	625	25	6	+4,2	+4.5	0.75	Neg. FM	Argentina, Bolivia, Paraguay, Uruguay

● Digitální paketové vysílání:

- ▶ DVB-T (Digital Video Broadcasting - Terrestrial)/SDTV
 - ▶ Metoda „komprese“ většího počtu kanálů do daného pásma,
 - ▶ kvantita zpravidla na úkor kvality (stará MPEG2 komprese videa).
- ▶ EDTV/HDTV (High Definition TV): Japonsko, USA, RF,...
 - ▶ do r.2007 se v USA plánuje plná digitalizace a ukončení NTSC.
 - ▶ Evropa: satelitní a kabelové vysílání, pozemní HD jen omezeně.

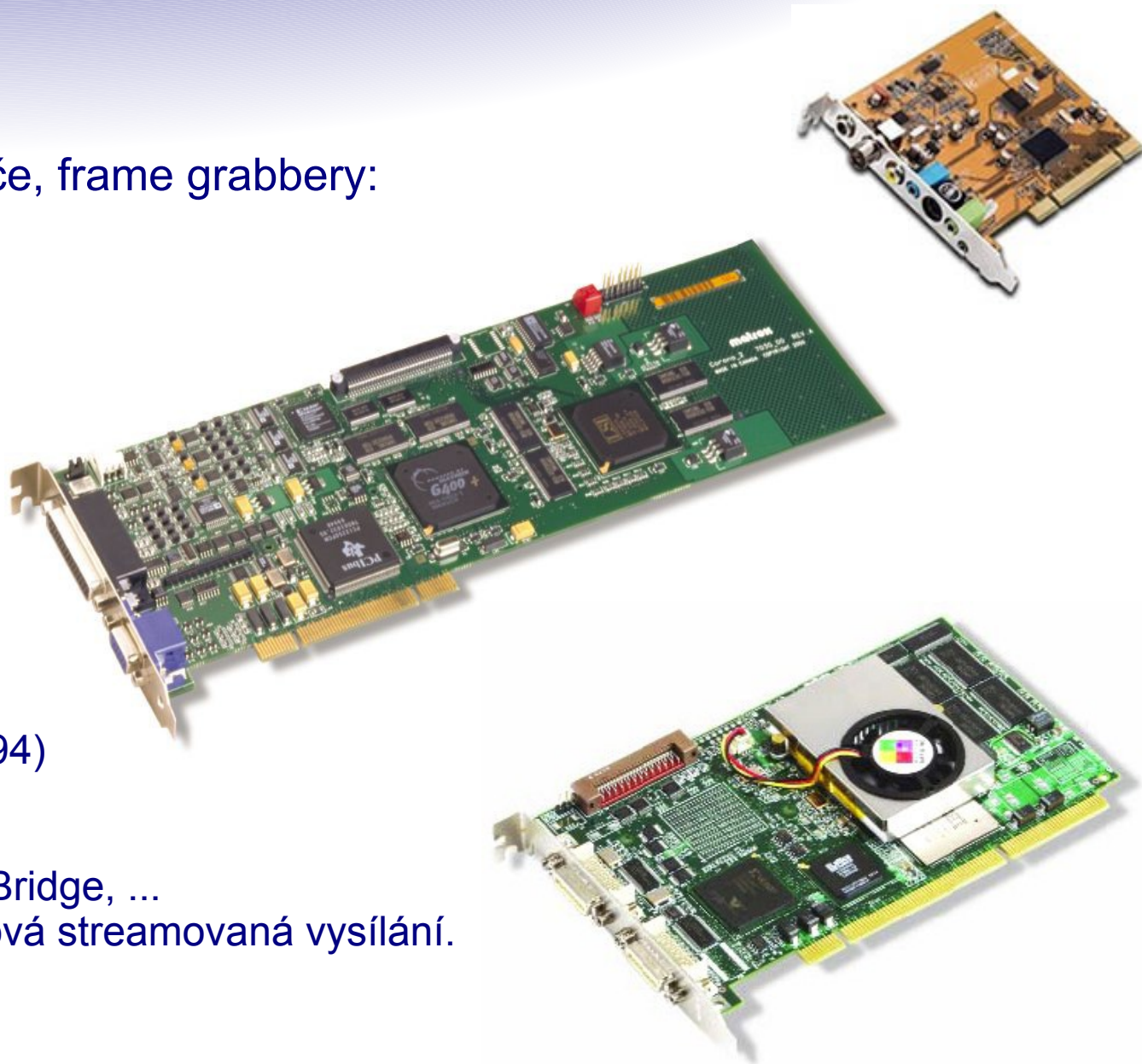


Digitalizace obrazu

Přenos obrazu do počítače, frame grabbery:

- Pozemní TV signál
 - ▶ Analogové tunery
 - ▶ DVB-T dekodéry
- Analogové video
 - ▶ separátní RGB
 - ▶ Y/C, S-Video
 - ▶ Kompozitní
- Digitální formáty
 - ▶ SCSI
 - ▶ RS 422
 - ▶ Fire-Wire (IEEE 1394)
 - ▶ USB
 - ▶ Camera-Link
 - ▶ GigE, Thunderbolt Bridge, ...

...de-facto internetová streamovaná vysílání.



Závěr

Uvedená data opět představují jen nejnútnejší historický přehled o

- vstupních a polohovacích zařízeních,
- klasifikaci zařízení pro záznam a digitalizaci obrazu (rozložení a typy snímačů, rozlišení, barevné kanály, bitová hloubka),
- černobílé a barevné televizní záznamové technice, a o
- přenosu dat do počítače a digitalizačních kartách.