

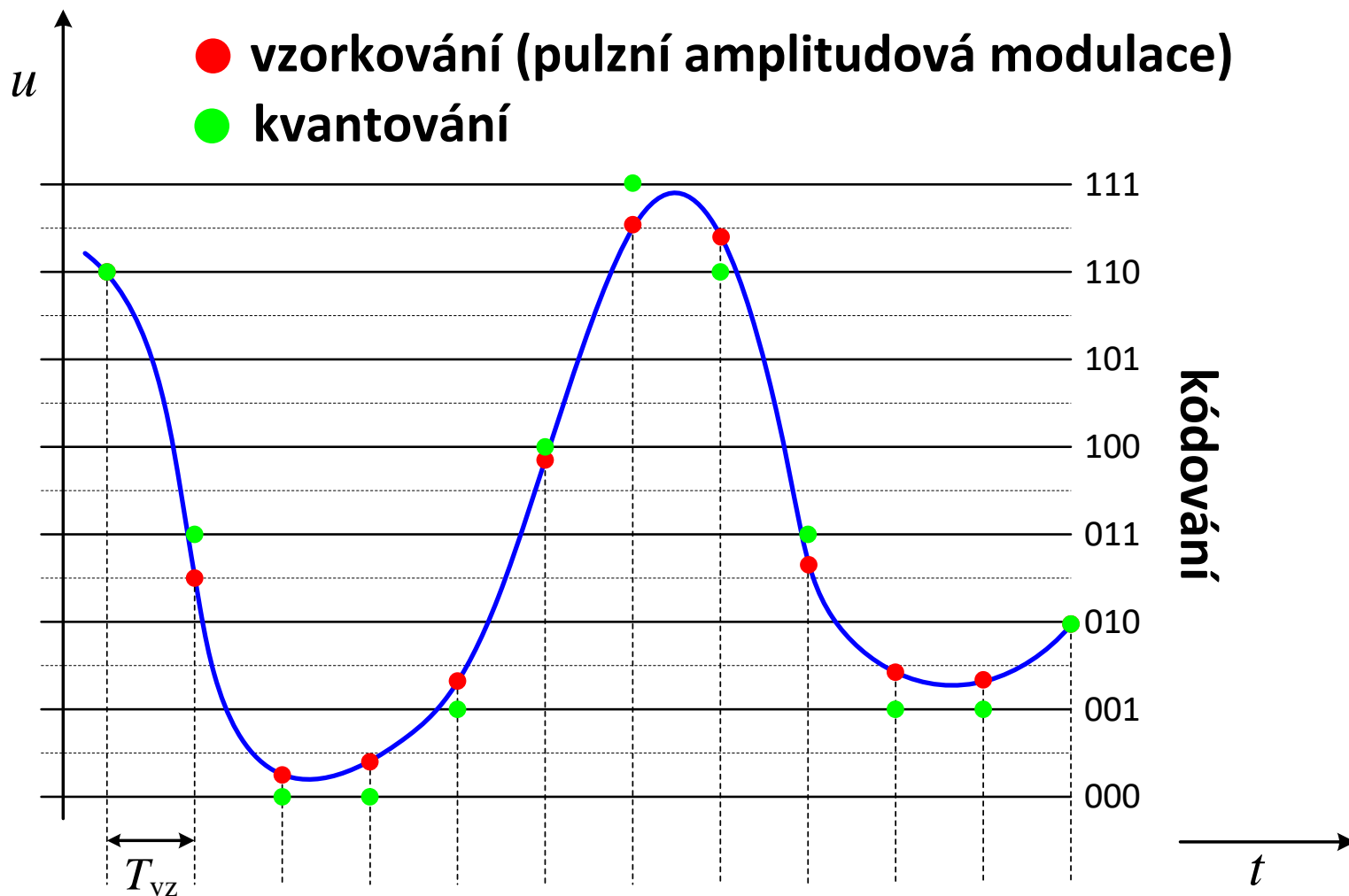
# DIGITALIZACE OBRAZU ROZHRANÍ PRO PŘENOS



**Kurz:** VIDEOTECHNIKA A MULTIMÉDIA

---

**Lektor:** Kamil Říha



# Standardní rozlišení – SD (Standard Definition)

- definován v doporučení ITU-R BT.601 (International Telecommunication Union)
- vzorkování videosignálu pro současné TV přenosové soustavy
- definuje dva poměry stran: 4:3 a 16:9
- a dvě prokládané soustavy podle počtu řádků:
  - 525 / 60 pulsů za sekundu (soustava NTSC)
  - 625 / 50 pulsů za sekundu (soustava PAL)
- tři kanály  $Y$ ,  $C_R$ ,  $C_B$ , jsou určeny z analogových zdrojových signálů  $E'_R$ ,  $E'_G$ ,  $E'_B$
- pro kompletní rekonstrukci barvy postačí pouze jasová a dvě doplňkové složky
- lumenční (jasový) kanál:

$$E'_Y = 0,299 E'_R + 0,587 E'_G + 0,114 E'_B$$

- rozdílové chrominanci složky:

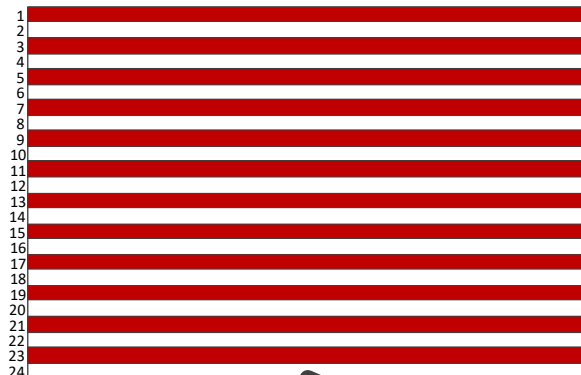
$$(E'_R - E'_Y) = E'_R - 0,299 E'_R - 0,587 E'_G - 0,114 E'_B = 0,701 E'_R - 0,587 E'_G - 0,114 E'_B$$

$$(E'_B - E'_Y) = E'_B - 0,299 E'_R - 0,587 E'_G - 0,114 E'_B = 0,299 E'_R - 0,587 E'_G + 0,886 E'_B$$

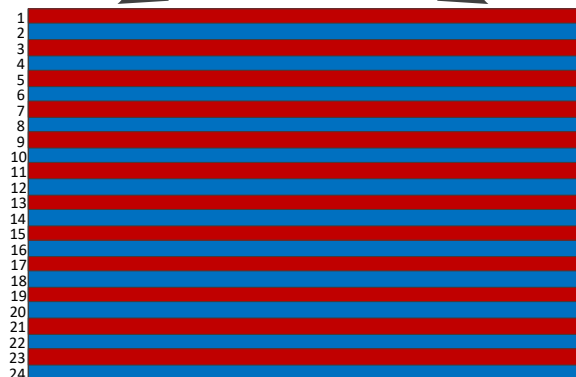
- v modelu  $YC_R C_B$  je možné snadno pracovat s faktem, že lidské zrakové ústrojí je málo citlivé na barevnou informaci
- složky  $C_R C_B$  je možné podvzorkovat, tj. pro několik obrazových bodů můžeme použít stejnou informaci o barvě, tj. stejné hodnoty složek  $C_R C_B$
- jasová informace (složka  $Y$ ) je přenášena pro každý obrazový bod

# Prokládané řádkování

lichý půlsnímek (25 FPS)



sudý půlsnímek (25 FPS)



výsledný snímek 50i FPS

i – interlace, prokládaný

FPS: Frames Per Second

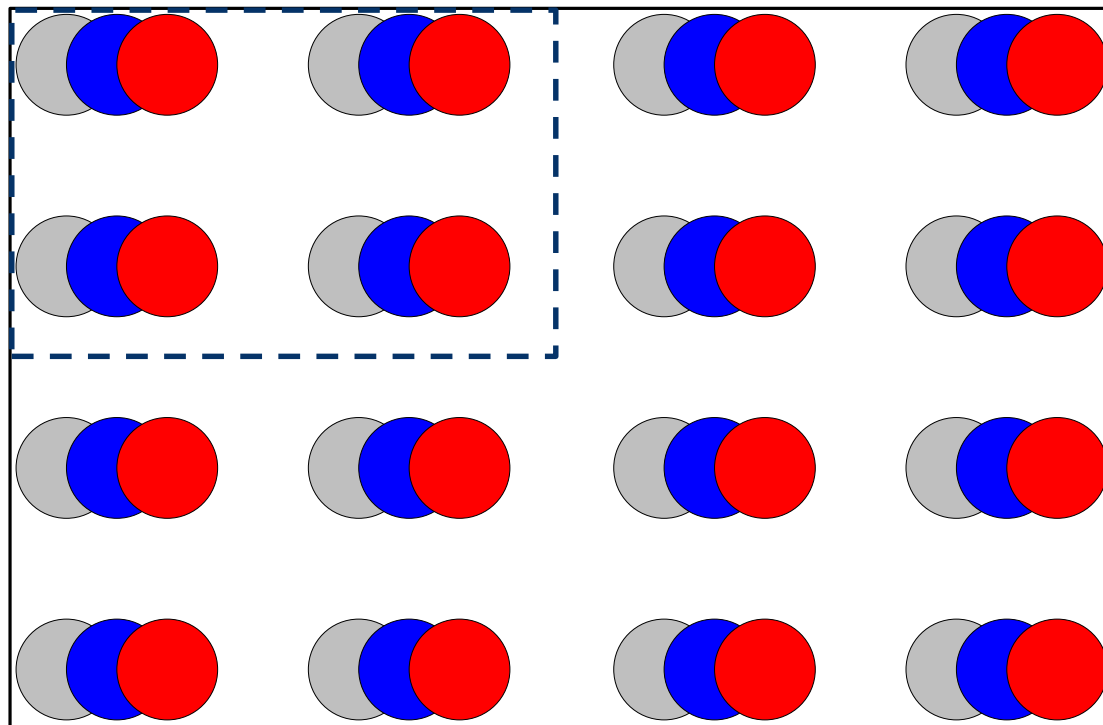
# Vzorkování 4:4:4 pro SD

matice  $Y$ ,  $C_R$ ,  $C_B$  mají stejnou velikost

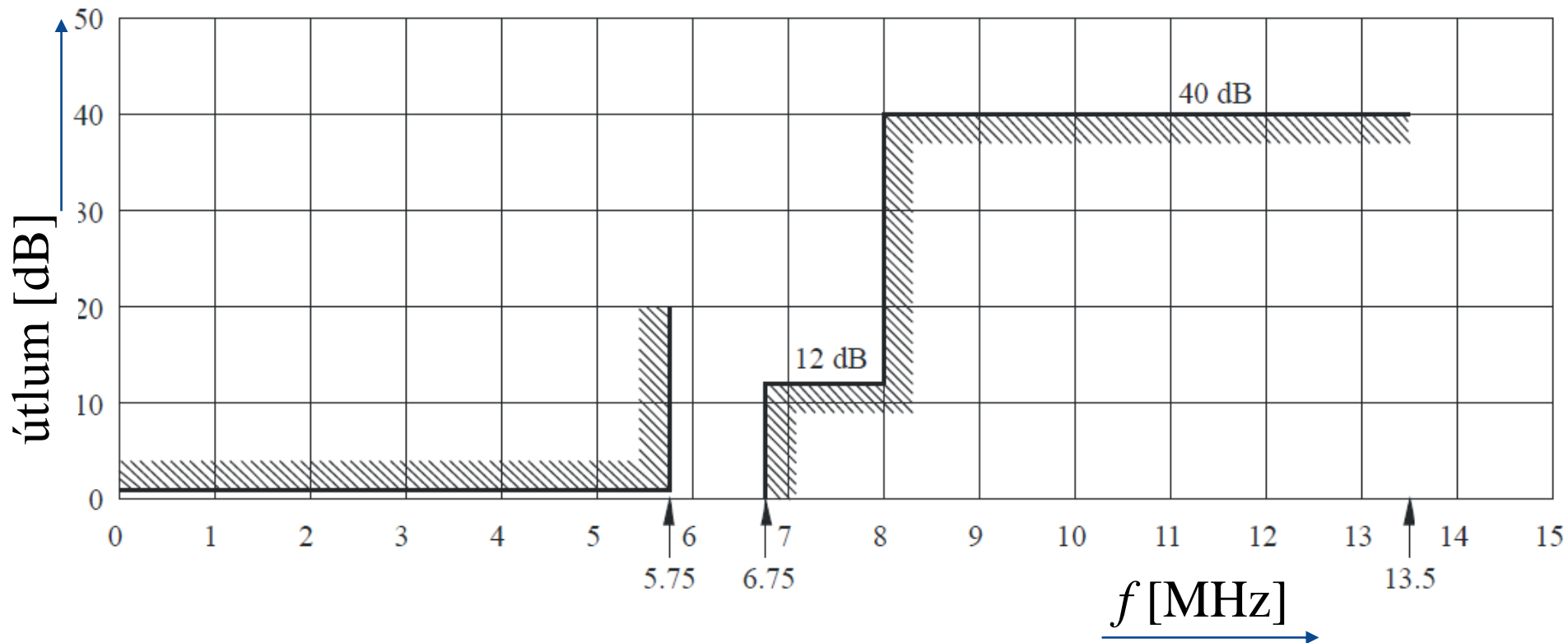
frekvence vzorkování  
každého ze tří kanálů  
odpovídá pro 625/50i  
 $625 \cdot 864 = 540\,000$  pixelů

za 1 s je vzorkováno 25  
celých snímků, takže  
 $540\,000 \cdot 25 = 13,5 \cdot 10^6$   
vzorků za 1 s

pouze 720 chrominančních vzorků  
na řádku je aktivních, zbytek je  
tzv. *digitální zatemnění*, ve kterém  
je možné přenášet doplňková data  
(zvuk, teletext, titulky, ... )



# Šablona filtru jednoho kanálu při vzorkování 4:4:4



By Recommendation ITU-R BT.601-7, International Telecommunication Union, ITU-R, 2011

# Vzorkování 4:2:2 pro SD

matice  $Y$ ,  $C_R$ ,  $C_B$  mají shodné vertikální rozlišení, chrominanční mají poloviční horizontální rozlišení

frekvence vzorkování chrominančního kanálu odpovídá pro 625/50i

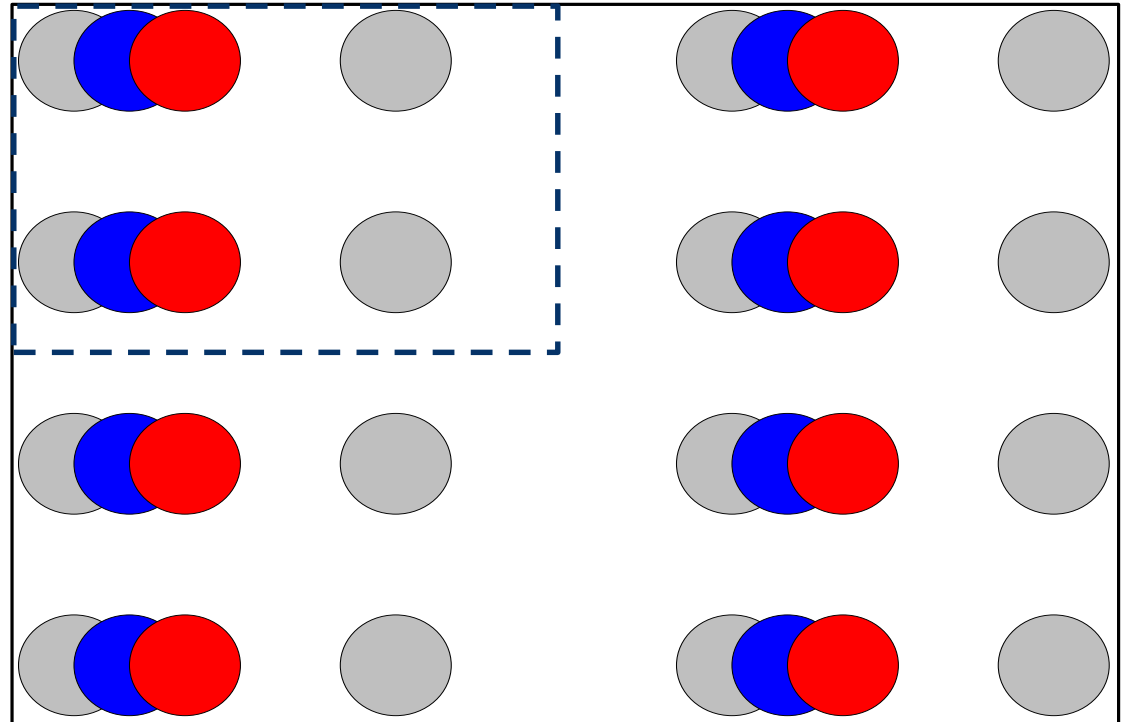
$$625 \cdot (864/2) = \\ = 625 \cdot 432 = 270\,000$$

pixelů, tj.

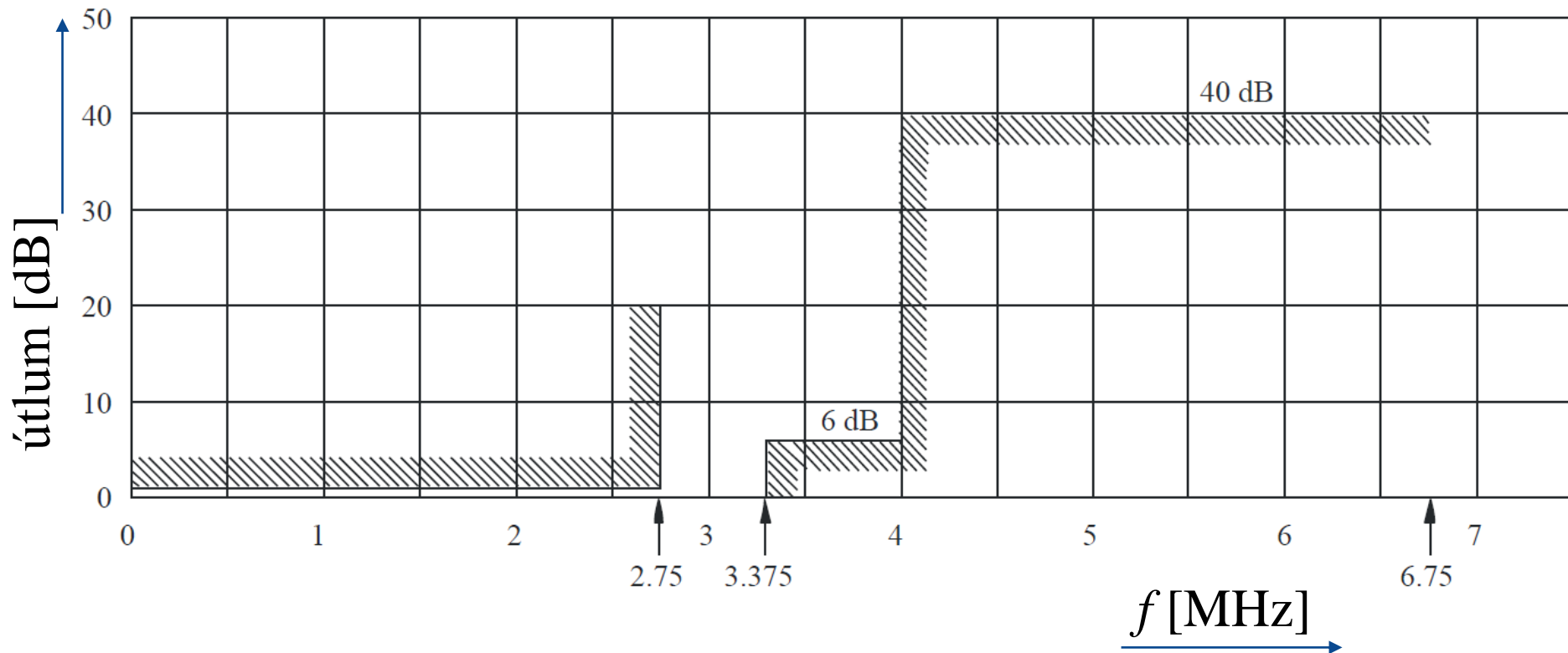
$$270\,000 \cdot 25 = 6,75 \cdot 10^6$$

vzorků za 1 s

pouze 360 chrominančních vzorků na řádku je aktivních, zbytek je tzv. *digitální zatemnění*, ve kterém je možné přenášet doplňková data (zvuk, teletext, titulky, ... )



# Šablona filtru chrominančního kanálu při vzorkování 4:2:2

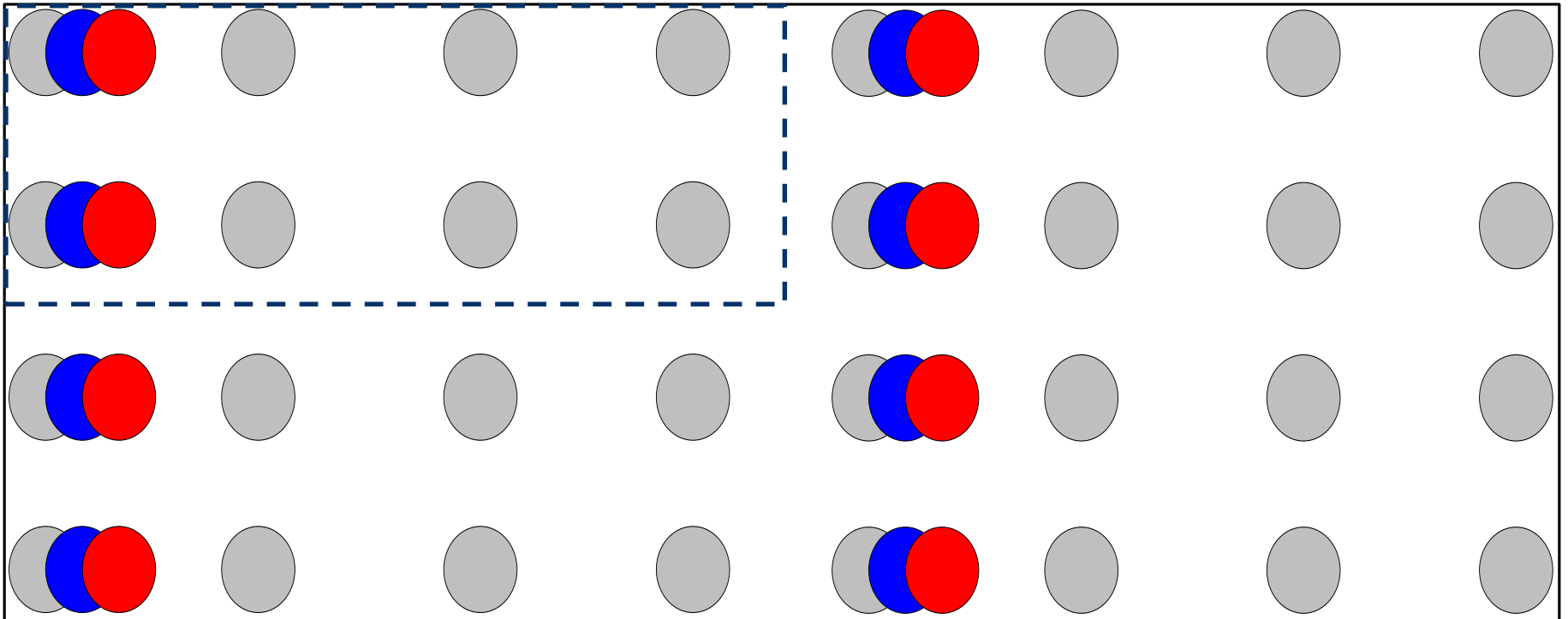


By Recommendation ITU-R BT.601-7, International Telecommunication Union, ITU-R, 2011



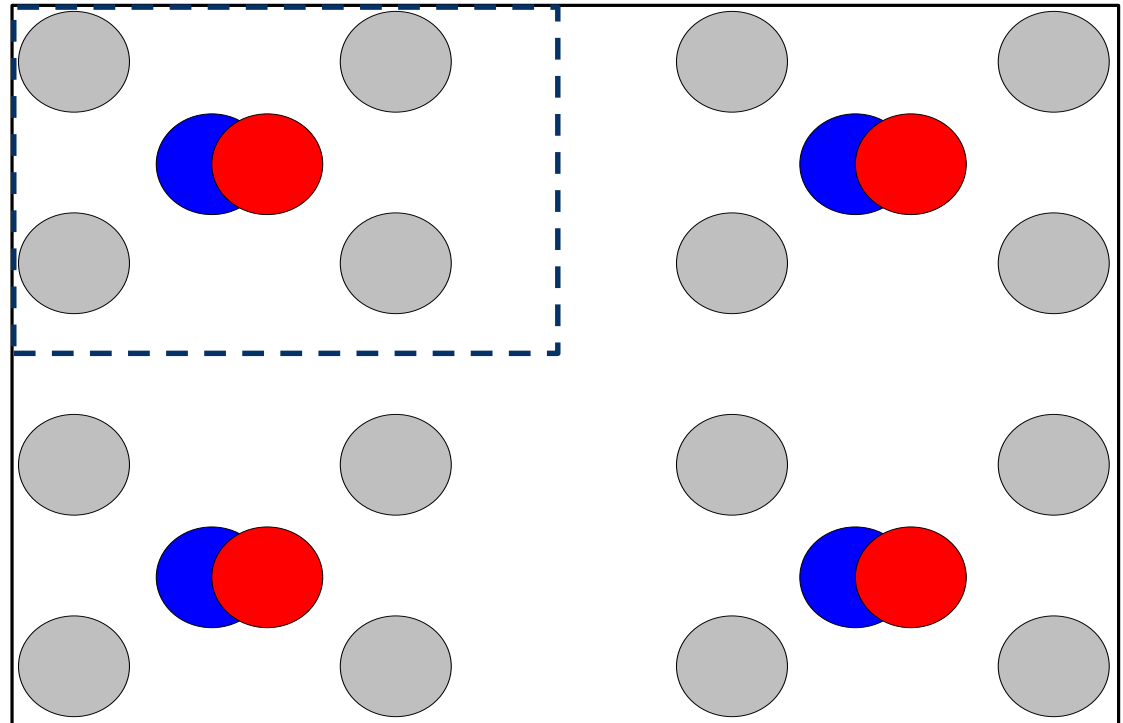
# Vzorkování 4:1:1

matice  $Y$ ,  $C_R$ ,  $C_B$  shodné vertikální rozlišení, chrominanční mají čtvrtinové horizontální rozlišení



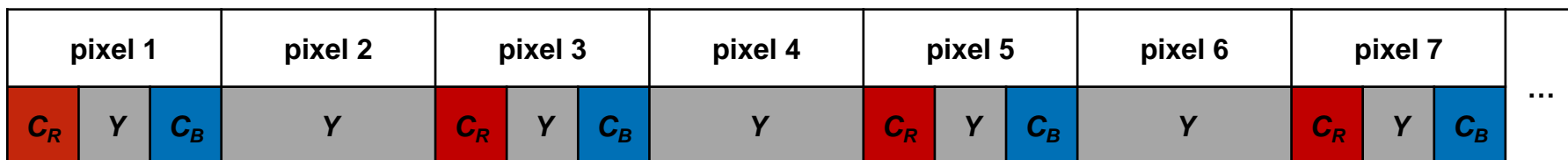
# Vzorkování 4:2:0

matice  $C_R$ ,  $C_B$  mají poloviční horizontální i vertikální rozlišení oproti  $Y$



# Datový tok

- jednotlivé vzorky řádku 4:2:2 uspořádané do časového multiplexu:



- datové toky pro různé bitové rozlišení a modely vzorkování:

	4:4:4	4:2:2
8 bitů	$\left. \begin{array}{l} Y: 13,5 \text{ MHz} \cdot 8 \text{ bit} = 108 \text{ Mbit/s} \\ C_R: 13,5 \text{ MHz} \cdot 8 \text{ bit} = 108 \text{ Mbit/s} \\ C_B: 13,5 \text{ MHz} \cdot 8 \text{ bit} = 108 \text{ Mbit/s} \end{array} \right\} = 324 \text{ Mbit/s}$	$\left. \begin{array}{l} Y: 13,5 \text{ MHz} \cdot 8 \text{ bit} = 108 \text{ Mbit/s} \\ C_R: 6,75 \text{ MHz} \cdot 8 \text{ bit} = 54 \text{ Mbit/s} \\ C_B: 6,75 \text{ MHz} \cdot 8 \text{ bit} = 54 \text{ Mbit/s} \end{array} \right\} = 216 \text{ Mbit/s}$
10 bitů	$\left. \begin{array}{l} Y: 13,5 \text{ MHz} \cdot 10 \text{ bit} = 135 \text{ Mbit/s} \\ C_R: 13,5 \text{ MHz} \cdot 10 \text{ bit} = 135 \text{ Mbit/s} \\ C_B: 13,5 \text{ MHz} \cdot 10 \text{ bit} = 135 \text{ Mbit/s} \end{array} \right\} = 405 \text{ Mbit/s}$	$\left. \begin{array}{l} Y: 13,5 \text{ MHz} \cdot 10 \text{ bit} = 135 \text{ Mbit/s} \\ C_R: 6,75 \text{ MHz} \cdot 10 \text{ bit} = 67,5 \text{ Mbit/s} \\ C_B: 6,75 \text{ MHz} \cdot 10 \text{ bit} = 67,5 \text{ Mbit/s} \end{array} \right\} = 270 \text{ Mbit/s}$

# Vysoké rozlišení – HD (High Definition)

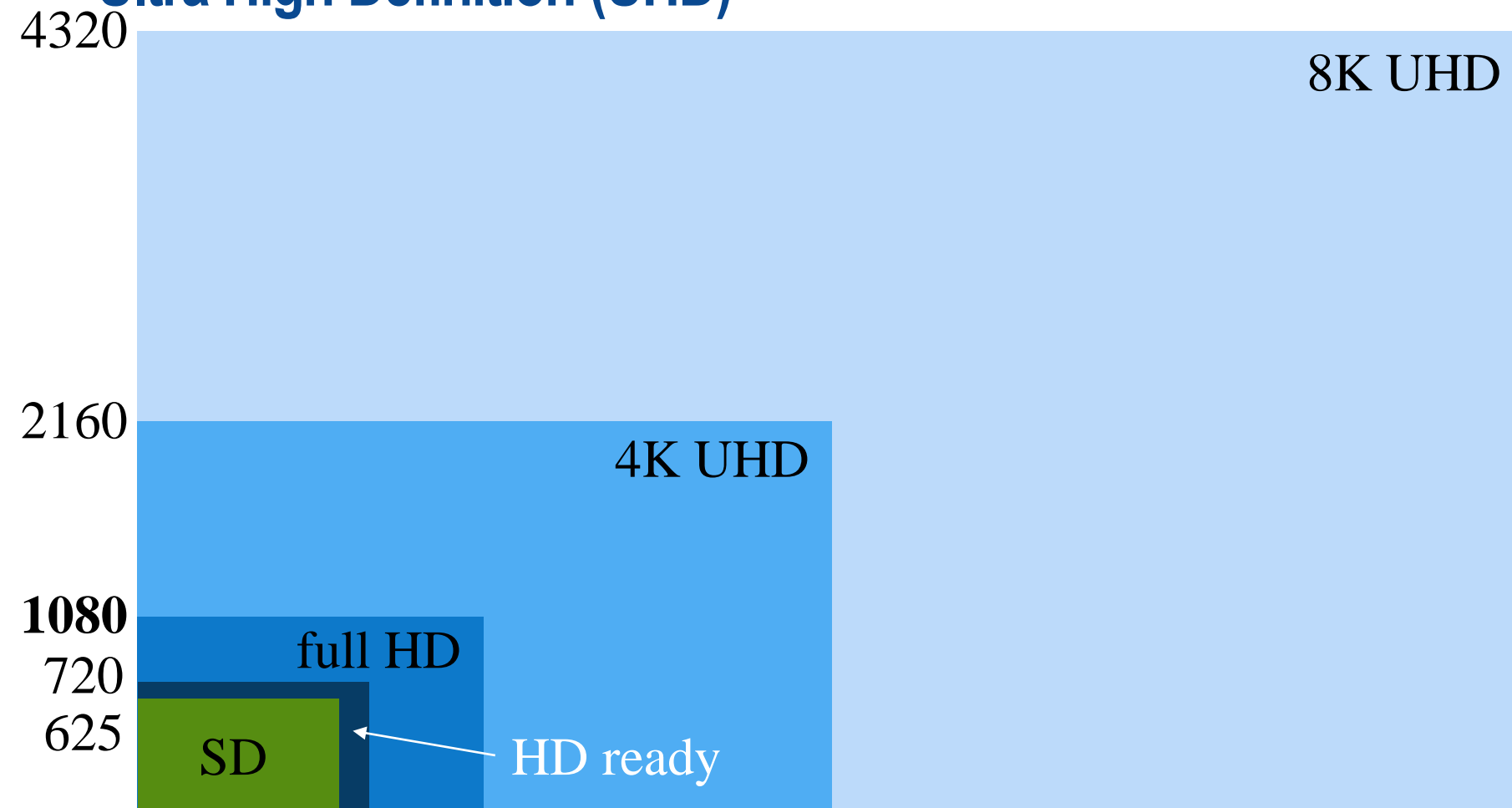
- definován v doporučení ITU-R BT.709-6 (International Telecommunication Union)
- vzorkování videosignálu pro současné TV přenosové soustavy
- charakteristika obrazové matice:
  - poměr stran: 16:9
  - poměr stran jednoho pixelu: 1:1 (čtverec)
  - vzorkovací mřížka: ortogonální
  - počet vzorků na aktivním řádku: 1920
  - počet aktivních řádků v jednom snímku: 1080
- luminanční (jasový) kanál:
$$E'_Y = 0,2126 E'_R + 0,7152 E'_G + 0,0722 E'_B$$
- a od něj se odvíjející chrominanční složky  $C_R C_B$
- dále jsou ve standardu stanoveny:
  - souřadnice referenčních barev RGB v prostoru CIE 1931
  - nelineární (exponenciální) korekce opto-elektronické přenosové funkce
  - kvantování (všechny úrovně nejsou využity pro obrazová data, ale např. pro časování )

# Vysoké rozlišení – HD (High Definition)

formát snímkování	snímání [Hz]	přenos
60/P	60 nebo 60/1.001 progresivně	progresivní
30/P	30 nebo 30/1.001 progresivně	progresivní
30/PsF	30 nebo 30/1.001 progresivně	segmentovaný snímek
60/I	30 nebo 30/1.001 prokládaně	prokládaný
50/P	50 progresivně	progresivní
25/P	25 progresivně	progresivní
25/PsF	25 progresivně	segmentovaný snímek
50/I	25 prokládaně	prokládaný
24/P	24 nebo 24/1.001 progresivně	progresivní
24/PsF	24 nebo 24/1.001 progresivně	segmentovaný snímek

- **progresivní:** jeden celý snímek bez jakéhokoli prokládání
- **prokládaný:** střídavě sudé a liché řádky v separátních (půl)snímcích
- **segmentovaný snímek:** progresivně nasnímaný obraz, přenášený ve dvou separátních prokládaných půlsnímcích
- varianty **xx/1,001** byly zavedeny kvůli modulování při přenosu v soustavě NTSC (bylo nutné o něco málo změnit FPS, aby lépe vycházely poměry k nosné zvuku ve smyslu vzájemných intermodulací)

# Ultra High Definition (UHD)



# Studiová rozhraní

- jsou definována pro přenos nekomprimovaného obrazového signálu
- existuje několik standardů, zejména podle
  - typu přenosu:
    - paralelní: 25 pinový port pro SD, 93 pinů pro HD
    - sériová: multiplex přenášený po koaxiálním, nebo optickém kabelu
  - rozlišení: SD, HD
- definovány v různých standardech ITU (viz tabulka dále)

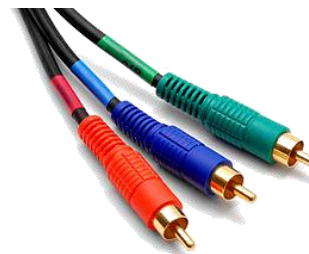
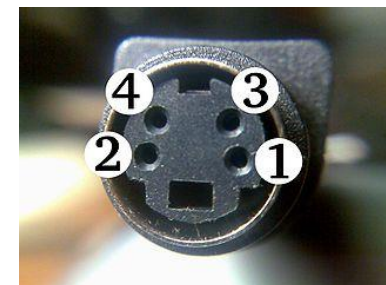
# Specifikace studiových rozhraní

aktivní rozlišení [šířka×výška]	celkové rozlišení [šířka×výška]	poměr stran	snímkový kmitočet [Hz]	vzorkování kanálu Y [MHz]	SD nebo HD	paralelní	sériový
720×480i	858×525i	4:3	29,97	13,5	SDTV	BT656, BT799 SMPTE 125M	BT656, BT799
720×480p	858×525p	4:3	59,94	27	SDTV	-	BT.1362, SMPTE 294M
720×576i	864×625i	4:3	25	13,5	SDTV	BT656, BT799	BT.656, BT.799
720×576p	864×625p	4:3	50	27	SDTV	-	BT.1362
960×480i	1144×525i	16:9	29,97	18	SDTV	BT 1302, BT 1303, SMPTE 267M	BT 1302, BT 1303
960×576i	1152×625i	16:9	25	18	SDTV	BT.1302, BT.1303	BT.1302, BT.1303
1280×720p	1650×750p	16:9	59,94	74,176	HDTV	SMPTE 274M	-
1280×720p	1650×750p	16:9	60	74,25	HDTV	SMPTE 274M	-
1920×1080i	2200×1125i	16:9	29,97	74,176	HDTV	BT 1120, SMPTE 274M	BT 1120, SMPTE 292M
1920×1080i	2200×1125i	16:9	30	74,25	HDTV	BT.1120, SMPTE 274M	BT.1120, SMPTE 292M
1920×1080p	2200×1125p	16:9	59,94	148,35	HDTV	BT.1120, SMPTE 274M	-
1920×1080p	2200×1125p	16:9	60	148,5	HDTV	BT.1120, SMPTE 274M	-
1920×1080i	2376×1250i	16:9	25	74,25	HDTV	BT 1120	BT 1120
1920×1080p	2376×1125p	16:9	50	148,5	HDTV	BT.1120	-



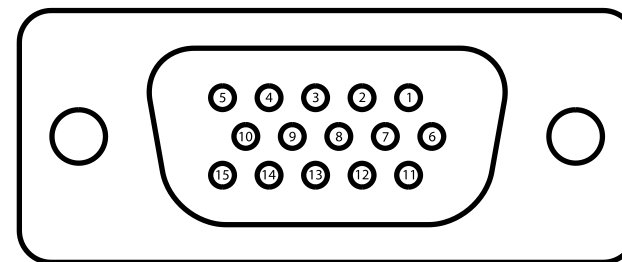
# Plně analogová rozhraní

- **kompozitní video:** barevný video stream namodulovaný na jeden fyzický kanál
  - rozlišení: 480i, 576i
- **S-video:** jasový a chrominanční signál jsou přenášeny po separátních vodičích (3, 4), zbylé dva jsou GND
  - existují další varianty (7, 9 pinů)
- **komponentní video:** jeden jasový a dva chrominanční kanály
  - maximální rozlišení: 2160p
- **SCART** (Syndicat des Constructeurs d'Appareils Radiorécepteurs et Téléviseurs):
  - navržen pro přenos SD videa i obousměrného audia
  - 21 pinů
  - obsahuje kompozitní i komponentní video



# Rozhraní Video Graphics Array (VGA)

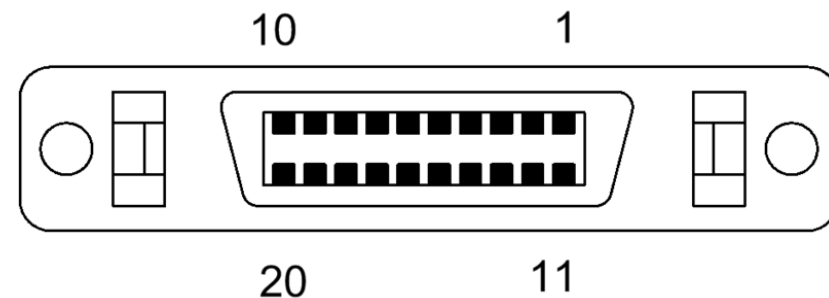
- uvedeno 1986
- pro spotřební elektroniku
- analogový přenos video signálů RGBHV (red, green, blue, horizontal sync, vertical sync) a digitálních dat pro základní komunikaci mezi zařízeními (informace o rozlišení, natočení, gama korekce...)
- pouze analogový přenos
- konektor DE-15
- maximální rozlišení 2048×1536
- napájení 5V ± 5 % min. 300 mA max. 1A
- 15 pinů
- délka kabelu do cca 10 - 15 m
- v současnosti zastaralý
- možná pasivní konverze na DVI-I, DVI-A



By Duncan Lithgow and Mobius via Wikimedia Commons from Wikimedia Commons

# Rozhraní Digital Flat Panel (DFP)

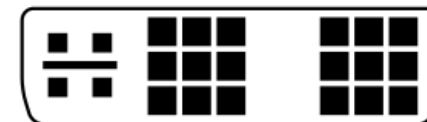
- uvedeno 1998
- pro spotřební elektroniku
- nekomprimovaný přenos video dat z PC do monolitického zobrazovače
- pouze digitální přenos
- sériový protokol
- 3×8 bitů (kanály RGB)
- 20 pinů
- délka kabelu do 5 m
- v současnosti už prakticky nepoužívaný
- je možná pasivní konverze na DVI
- maximální rozlišení 1280×1024



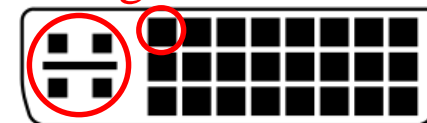
By Max Smith via Wikimedia Commons from Wikimedia Commons

# Rozhraní Digital Visual Interface (DVI)

- uvedeno 1999
- pro spotřební elektroniku, nekomprimovaný přenos
- analogový i digitální přenos
- založen na DFP, značně vylepšen: více formátů, podpora šifrování
- sériový protokol TMDS
- délka kabelu do cca 10 – 15 m
- obsahuje dvě TMDS linky, každá max. 165 MHz
- maximální rozlišení 1915 x 1436 pixelů (4:3), 2098 x 1311 (16:10)
- DVI-D: pouze digitální
- DVI-I: digitální i analogový signál



analog DVI-I (Single Link)



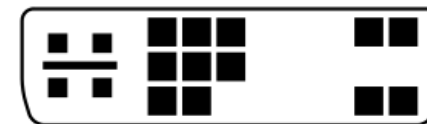
DVI-I (Dual Link)



DVI-D (Single Link)



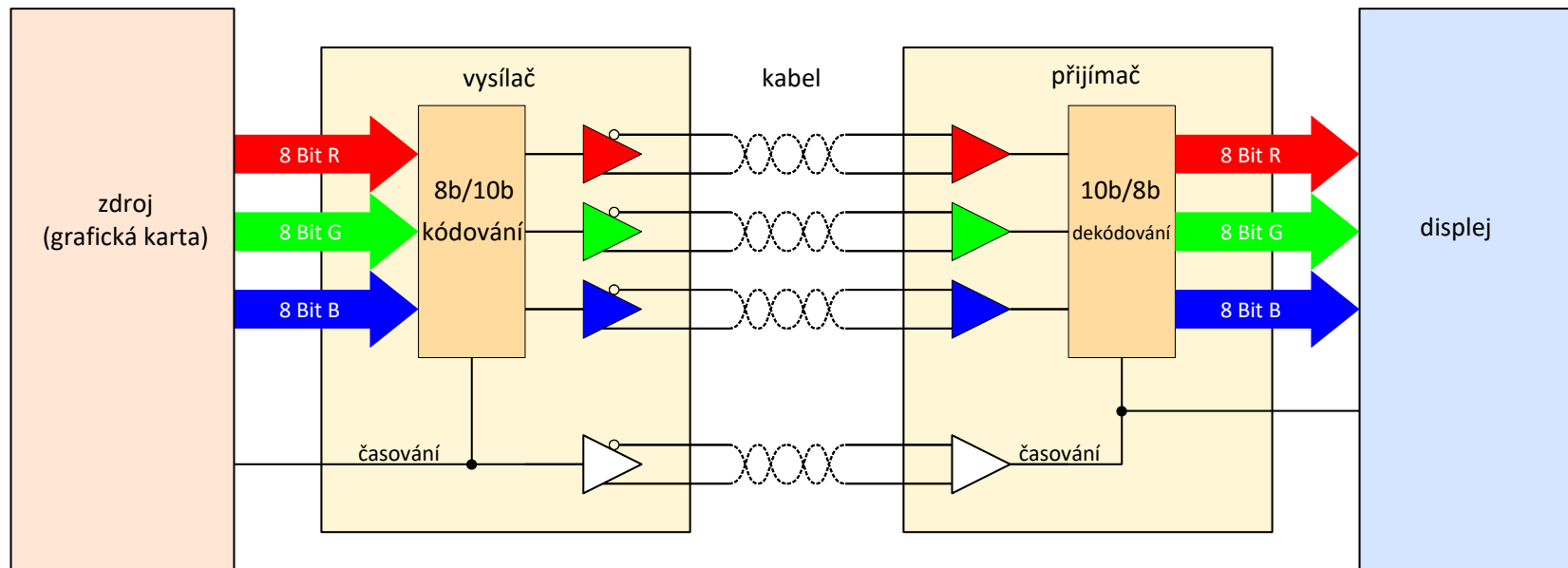
DVI-D (Dual Link)



DVI-A

By Mobius and Rumczeis via Wikimedia Commons from Wikimedia Commons

# Transition-minimized Differential Signaling (TMDS)

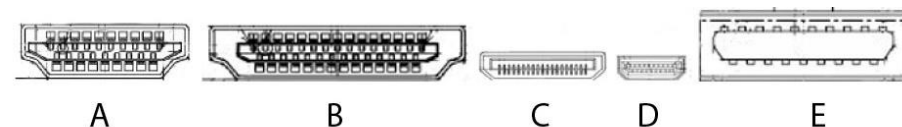
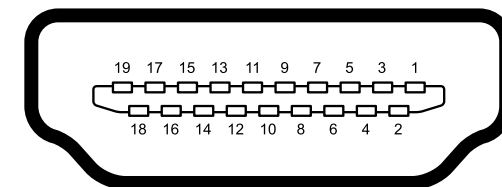
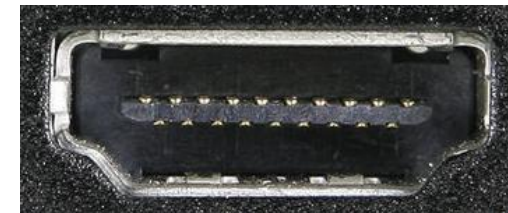


při kódování jsou přidány redundantní bity tak, aby měl výsledný signál nulovou SS složku a aby byl minimalizovaný počet přechodů 0/1 (1/0)

By Wdwd via Wikimedia Commons from Wikimedia Commons

# Rozhraní High-Definition Multimedia Interface (HDMI)

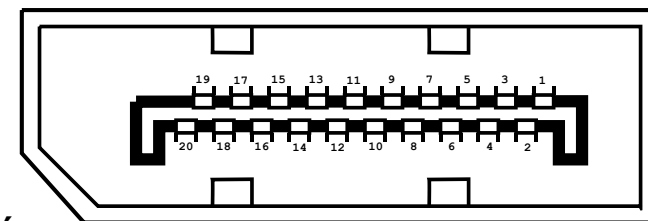
- uvedeno 2002
- pro spotřební elektroniku, nekomprimovaný přenos
- digitální přenos
- založen na DVI, značně vylepšen: vyšší rozlišení, přenos zvuku, zpětný audio kanál, HDR metadata, ...
- sériový protokol TMDS
- délka kabelu bez zesilovačů do cca 15 m
- zpětně kompatibilní s DVI (single link)
- typ A: 19 pinů (analogie k single link DVI)
- typ B: 29 pinů, dvojnásobná šířka pásma pro UHD (zatím se nepoužívá)
- max. rozlišení: 4K (HDMI 2.0, 2013)
- typ C a D: menší varianty typu A
- typ E: aretace kvůli vibracím, lepší krytí
- existuje několik verzí protokolu lišících se podporou max. rozlišení, počtem audio streamů...
- funkce CEC: Consumer Electronics Control, kdy je možné jedním ovladačem řídit přes HDMI několik zařízení



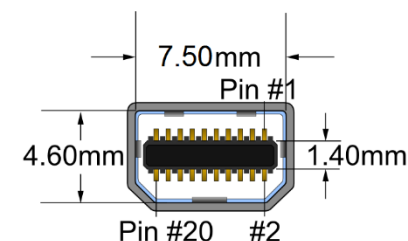
# Rozhraní Display Port (DP)

- uvedeno 2006
- pro spotřební elektroniku, nekomprimovaný přenos
- plně digitální **paketový** šifrovaný přenos
- umožňuje přenos vyššího rozlišení a samozřejmě doplňkových dat
- 20 pinů
- délka kabelu do cca 15 m (1920×1080)
- délka kabelu do cca 3 m (2560×1600 )
- omezeně zpětně kompatibilní s HDMI a DVI (postačí pasivní adaptér), obráceně je nutná aktivní konverze
- maximální rozlišení: 8K
- možnost připojení více monitorů pomocí jednoho konektoru
- varianty mini a mikro (novinka)

By Belkin+Abisys and Tosaka via Wikimedia Commons from Wikimedia Commons



Mini DisplayPort  
Connector



# Děkuji za pozornost