

# MULTIMEDIÁLNÍ A HYPERMEDIÁLNÍ SYSTEMY

## 4) Úprava nahraného zvuku

Petr Lobaz, 5. 3. 2013

---

## MIXÁŽ

---

- míchání signálů jednoho nástroje
- regulace úrovně
- frekvenční úpravy
- řízení dynamiky
- odstranění šumu
- časové korekce
- přeladování
- řízení stereoobrazu
- efektování, tvorba prostředí/dozvuku
- mix, zvýrazňování detailů
- cílem je dosáhnout srozumitelného zvuku
  - umísťování zvuků do času a prostoru

---

# MIXÁŽ

---

## PROCESORY

- výstupem pouze zpracovaný zvuk
- ekvalizér, úprava dynamiky, enhancer, směrové efekty, zkreslení

## EFEKTY

- výstup je kombinací
  - pozměněného zvuku (wet)
  - čistého vstupu (dry)
- zpoždovací linka, chorus, flanger, phaser, měnič ladění, dozvuk

---

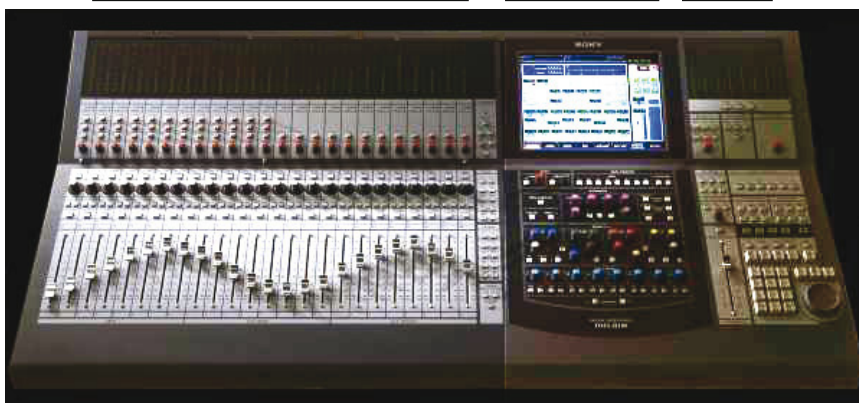
# MIXÁŽNÍ PULT

---

*jednotlivé vstupy*

*parametry*

*master*



*Malý mixážní pult DMXR100*

---

# MIXÁŽNÍ PULT

---

- vstupem mnoho stop – mikrofony, nástroje, nahrávky, zvuky zpracované externími zvukovými procesory, ...
- hlavním výstupem několikastopý zvuk
- pomocným výstupem odposlechy
  
- sběrnicevá konstrukce – jednotlivé vstupy se míchají v několika sběrnících a odesílají do různých částí pultu
  - master sběrnice – stereofonní výstup
  - sběrnice 1, 2, ... – jednotlivé stopy výstupu
  - sběrnice aux 1, 2, ... – pro odposlechy
  - sběrnice send 1, 2, ... – pro zpracování externími zvukovými procesory

---

# MIXÁŽNÍ PULT

---

## **VSTUPNÍ ČÁST**

- konektor pro vstup z mikrofonu (in) / nástroje (line) / digitální (midi) / zvukových procesorů (send)
- vstupní zesilovač + indikátor překročení max. úrovně
- volitelné otočení fáze
- volitelné směrování na odposlech
- volitelně insert – in/out konektor pro připojení externího zvukového procesoru

---

# MIXÁŽNÍ PULT

---

## KOREKČNÍ ČÁST

- interní ekvalizér (výšky/středý/basy)
  - tlačítko bypass
  - tlačítko pro ořez zvuků mimo slyšitelné frekvence

## POMOCNÉ VÝSTUPY

- in/out konektor insert (inject) pro externí procesor
- aux výstup s volitelnou hlasitostí
  - všechny aux výstupy pultem smíchány do master aux (vhodné pro odposlech pro hudebníky)
  - někdy několik master aux výstupů pro různé odposlechy

---

# MIXÁŽNÍ PULT

---

## VÝSTUPNÍ SEKCE

- fader – hlasitost stopy
  - pro mixáž hotové nahrávky výhodný automation (záznam a zopakování posouvání faderu)
- určení stereofonní báze stopy – left, right, panorama
- routing (assign) – určení, do které stopy se bude signál odesílat
- tlačítka mute, solo
- odposlech před faderem i po něm

---

# MIXÁŽNÍ PULT

---

## MASTER SEKCE

- ovlivnění signálů smíchaných z jednotlivých výstupních sekcí
- změna celkové hlasitosti, insert pro zařazení zvukových procesorů
- každá sběrnice má svou master sekci

## INDIKÁTORY HLASITOSTI

- VU indikátor – průměrná vnímaná hlasitost
- peak (ppm) indikátor – indikace maximální úrovně

---

# INDIKÁTORY HLASITOSTI

---

## DIGITÁLNÍ IMPLEMENTACE

- navzorkovaný signál  $s[i]$
- VU indikátor – korektně viz norma IEC 268-17  
jednoduché implementace ignorující psychoakustiku:
  - blokový:  $e = \text{průměr } s[i]^2 \text{ v krátkém bloku}$
  - filtrovaný:  $e[i] = \beta \cdot e[i] + (1 - \beta) \cdot s[i]^2$        $\beta \approx 0,9$
  - převod  $e$  na hodnotu v dB:  $v_u = 10 \log(e)$
- PPM (peak power meter) indikátor
  - nalezení maxima  $s[i]^2$  v krátkém bloku  $\rightarrow m$
  - převod  $m$  na hodnotu v dB

---

# FREKVENČNÍ ÚPRAVY

---

- umístění současně znějících nástrojů do různých dominantních pásem
- základem dobré aranžmá

## EKVALIZACE

- omezení frekvenčního rozsahu
- projasnění zvuku nástroje
- potlačení frekvencí, kde soupeří více nástrojů
- méně nástrojů  $\Rightarrow$  mohou mít hutnější zvuk

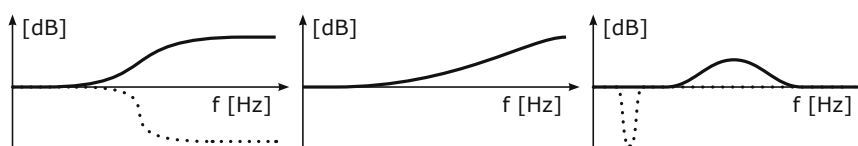
---

# FREKVENČNÍ ÚPRAVY

---

## EKVALIZÉR

- selektivní nastavení citlivosti
  - Q faktor - míra selektivnosti
- důležitá je fázová charakteristika
- shelving - ovlivňuje horní nebo spodní část spektra
  - velká strmost - frekvenční filtr (24 dB/okt)
- baxandall
- bell - ovlivňuje omezenou část spektra (max.  $\pm 15$  dB)



---

# FREKVENČNÍ ÚPRAVY

---

## TYPY EKVALIZÉRŮ

- základní v mixážním pultu – výšky/středny/basy
- grafický – 10 až 30 jezdců
- sweep – volitelná střední frekvence
- parametrický – volitelná frekvence i Q faktor

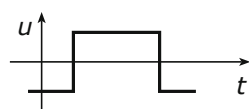
---

# FREKVENČNÍ ÚPRAVY

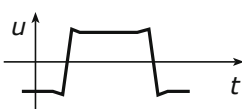
---

## DIGITÁLNÍ IMPLEMENTACE

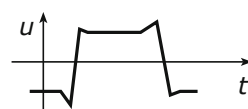
- prakticky libovolná změna frekvenční charakteristiky
- konvoluční filtry (FIR)
  - lineární fázová charakteristika
  - poměrně výpočetně náročné, implementačně snadné
- filtry s nekonečnou odezvou
  - nelineární fázová charakteristika
  - náročný návrh, výpočetně efektivní



*vstupní signál*



*lineární fáze*



*nelineární fáze*

---

# FREKVENČNÍ ÚPRAVY

---

## ENHANCERY

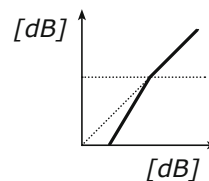
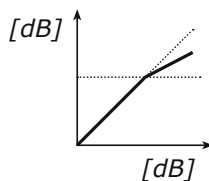
- též excitery
- změna úrovně harmonických frekvencí, přidávání nových harmonických frekvencí
- projasnění zvuku i z méně kvalitních nástrojů
- zesílení zvuku
  
- nastavení frekvence, od které se mají nové frekvence generovat
- úroveň smíchání s původním signálem (wet/dry sound)

---

# DYNAMICKÉ PROCESORY

---

- dynamický rozsah – rozdíl mezi průměrem a špičkami
- typicky 10–15 dB
  - klasická hudba až 20 dB a více
    - ⇒ poslech vyžaduje tiché prostředí
  - současné nahrávky 3 dB
    - ⇒ unavuje sluch
    - ⇒ při tichém poslechu ztráta dynamiky
  
- kompresor/limiter
- expander/gate
- upward/downward



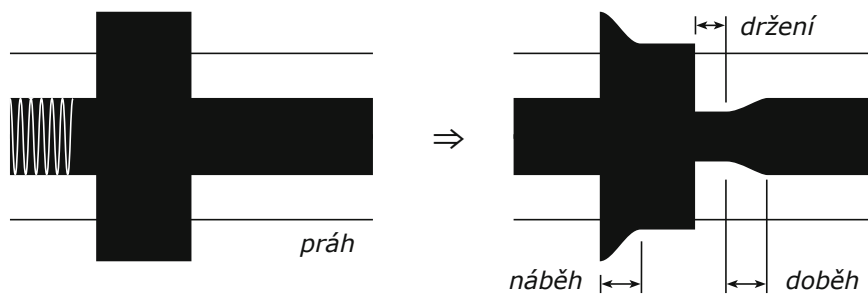


---

## KOMPRESORY

---

- zvýšení hlasitosti bez zkreslení, poslech v hlučném prostředí, srovnání hlasitosti hlasu
- uložení, přenos, mixáž
- práh (threshold), poměr (ratio),  
náběh (attack), doběh (release), čas držení (hold)



---

## KOMPRESORY

---

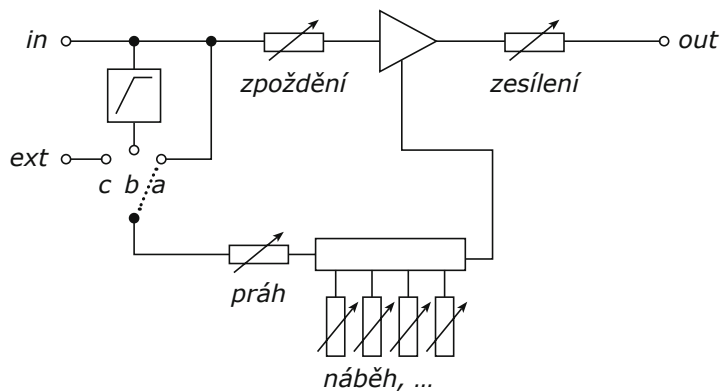
- napětově řízený zesilovač
- řízení
  - a) čistým zpracovávaným zvukem (klasický kompresor)
  - b) filtrovaným zpracovávaným zvukem (de-esser)
  - c) side chain
- kompresor s nulovou reakcí
  - zařazení zpožďovací linky před kompresor řízený nezpožděným zvukem
- poměr vyšší než 10 : 1 = limiter
  - typicky pro ochranu výstupních obvodů
- vícepásmové kompresory

---

# KOMPRESORY

---

- blokové schéma



---

# KOMPRESORY

---

## **DIGITÁLNÍ IMPLEMENTACE**

- zjištění „hlasitosti“ zvuku  $e[i]$  (viz indikace hlasitosti)
- $s'[i] = f(e[i]) \cdot s[i]$ 
  - $f$ : charakteristická křivka kompresoru
  - filtrací  $e[i]$  měníme náběh, doběh atd.

---

## EXPANDERY

---

- zvýšení dynamického rozsahu
- jednoduché odstranění šumu
- odstranění přeslechů
- při mixáži často vhodnější expander než vypnutí stopy
  
- poměr, náběh, doběh, hold
- poměr vyšší než 1 : 10 – gate

---

## DALŠÍ EFEKTY/PROCESORY

---

### ŠUMOVÉ FILTRY

- řízené dynamikou
- odstraní šum i pod užitečným signálem
- omezení vysokých frekvencí při poklesu úrovně (většina zvuků má vysoké frekvence v náběhu)

### ZKRESLENÍ

- typicky pro elektrickou kytaru
- napodobení přebuzeného zvuku
- digitální implementace:  $s'[i] = f(s[i])$ 
  - nelineární funkce  $f$  mění sinový průběh na zkreslený

---

## TVORBA STEREOOBRAZU

---

- umístění nástrojů do prostoru – zpřehlednění nahrávky
- typicky nastavením
  - hlasitosti L/R (zaniká v mono)
  - časového posuvu L/R (v mono hřebenový filtr)
- efektování L/R
- panner
  - plynulé umístění zvuku ve stereofonním obrazu
  - ovlivňuje relativní hlasitost a časový posuv
  - samostatně se už téměř nepoužívá

---

## DDL

---

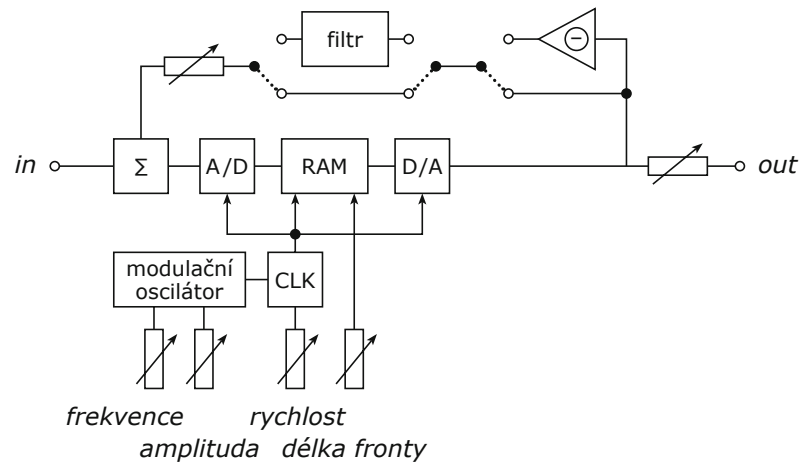
- zpožďovací linka (digital delay line)
- A/D → fronta v RAM → D/A
- slouží k tvorbě dalších efektů
- nastavení zpoždění
  - změna vzorkovací frekvence (dá se řídit signálem),
  - změna délky fronty
- míchání zpožděného signálu s původním

---

# DDL

---

- blokové schéma



---

# DDL

---

## VYUŽITÍ

- kompresor s nulovou reakcí
- záporná zpětná vazba - echo
- původní zvuk + mírná modulace zpoždění - chorus
- modulace zpoždění - vibrato
- 2× DDL s modulovaným zpožděním - phasing
- phasing + silná zpětná vazba - flanging

---

## PITCH SHIFT

---

- měnič ladění
- základem DDL, fronta se různě rychle čte a zapisuje
- vyrovnání změny rychlosti – zvuk na kousky
  - opakování kousků (zvýšení tónu)
  - ořezávání kousků (snížení tónu)
- napojování kousků
  - křížový útlum
  - napojení v průchodu nulou
- časová korekce
- přidání dalšího hlasu, chorus
- oprava intonace

---

## TVORBA PROSTŘEDÍ

---

- nahrávka často jen čistý zvuk nástroje
  - lepší práce s ekvalizací, dynamikou, ...
  - ⇒ „reálný zvuk“ vytvořen uměle
- použití DDL + zpětné vazby ⇒ odrazy pravidelné
  - ⇒ nepřírozený rezonující zvuk

### **REVERB**

- umělé dotvoření prostředí
- zesílení zvuku
- další volnost – ekvalizace/efektování dozvuku

### **RE-AMPING**

- nahrávka připraveného mixu ve správném prostředí

---

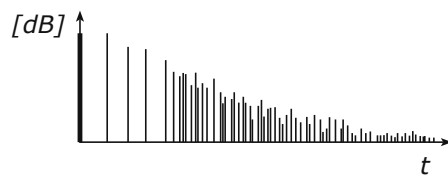
## REVERB

---

- elektronická simulace odrazu zvuku od stěn
- cca 3000 odrazů za vteřinu, odrazy frekvenčně, stereofonně a dynamicky upravené

### PARAMETRY

- doba dozvuku – pokles o 60 dB
- počáteční zpoždění
- tvar obálky, early reflections
- poměr přímého zvuku a dozvuku
- algoritmus: hall, room, ambience, plate, ...



---

## REVERB

---

### DIGITÁLNÍ IMPLEMENTACE

- počáteční odrazy (early reflections):  
$$s'[i] = s[i] + a_0 s[i - k_0] + a_1 s[i - k_1] + a_2 s[i - k_2] + \dots$$
  - koeficienty  $a_i$ ,  $k_i$ : útlumy a zpoždění jednotlivých odrazů
  - nalezení parametrů přirozeného dozvuku komplikované
- dozvuk (tail)
  - filtr s netriviální all-pass frekvenční charakteristikou
  - každá frekvence by měla mít jiný časový útlum