

**Rozsah hlasitosti:  
parametr na doplnění normalizace  
hlasitosti v souladu s EBU R 128**

**Doplňující informace k R 128**

**Ženeva  
srpen 2011**

## **Obsah**

1. Úvod .....	3
2. Rozsah hlasitosti .....	3
3. Popis algoritmu .....	3
3.1 Definice algoritmu .....	4
4. Minimální požadavky, test shody .....	5
5. Implementace MATLAB.....	6
6. Literatura .....	7
7. Další literatura .....	7

# Rozsah hlasitosti: parametr na doplnění normalizace hlasitosti v souladu s EBU R 128

<i>Komise EBU</i>	<i>První vydání</i>	<i>Revize</i>	<i>Nové vydání</i>
Technická komise	2010	2011	

**Klíčová slova:** hlasitost, normalizace, dynamický rozsah, statistika

## 1. Úvod

EBU zkoumala potřebné úrovně zvukového signálu při výrobě, distribuci a přenosu vysílaných pořadů. Je toho názoru, že je potřeba vytvořit model vyrovnávání zvuku na základě měření **hlasitosti**. To je popsáno v Technickém doporučení EBU R 128 [1]. EBU doporučuje, aby se vedle průměrné hlasitosti pořadu k normalizaci zvukových signálů používaly také parametry „*rozsah hlasitosti*“ a „*maximální skutečná špičková úroveň*“, a to v souladu s technickými limity celého signálového řetězce a estetickými potřebami každého pořadu / stanice v závislosti na žánru (žánrech) a na cílové skupině posluchačů.

V tomto dokumentu bude představen a podrobně vysvětlen parametr „*rozsah hlasitosti*“ a algoritmus pro jeho výpočet.

Algoritmus laskavě poskytla společnost TC Electronic.

## 2. Rozsah hlasitosti

**Rozsah hlasitosti** (zkratka „LRA“) kvantifikuje možné změny při časově variabilním měření hlasitosti. *Rozsah hlasitosti* je doplňkovým parametrem k hlavnímu zvukovému parametru *hlasitost pořadu* podle EBU R 128. *Rozsah hlasitosti* měří kolísání hlasitosti na makroskopické časové škále v jednotkách LU (jednotky hlasitosti). Výpočet *rozsahu hlasitosti* je založen na měření úrovně hlasitosti podle popisu v ITU-R BS.1770 [2], nicméně s odlišnou prahovou hodnotou hradlování (viz § 3.1). *Rozsah hlasitosti* by se neměl zaměřovat s jinými parametry, jako je dynamický rozsah nebo vrcholový činitel, apod.

## 3. Popis algoritmu

Výpočet *rozsahu hlasitosti* je založen na statistickém rozložení naměřené hlasitosti. To znamená, že krátká, ale velmi hlasitá událost neovlivní *rozsah hlasitosti* delšího segmentu. Podobně např. ztišení do ztracena na konci hudební skladby podstatně *rozsah hlasitosti* nezvýší. Konkrétně je rozsah rozložení úrovní hlasitosti určován odhadem **rozdílu mezi dolním a horním percentilem** rozložení. Tato metoda je analogická metodě *interkvartilního rozmezí (IQR)* používané v oblasti deskriptivní statistiky k získání robustního odhadu rozptylu datového vzorku

*Rozsah hlasitosti* dále využívá metodu kaskádového hradlování. Určité typy programů mohou mít celkově velmi konzistentní hlasitost, ale mají určité části s velmi nízkou hlasitostí, např. obsahující pouze hluk pozadí (např. atmosféru). Kdyby parametr *rozsah hlasitosti* nepoužíval hradlo, naměřila by se pro takové programy (nesprávně) poměrně vysoká hodnota *rozsahu hlasitosti* v důsledku relativně velkého rozdílu v hlasitosti mezi pasážemi s hlukem na pozadí a pasážemi s normální hlasitostí (v popředí).

Algoritmus *rozsahu hlasitosti* je nezávislý na vzorkovací frekvenci a formátu vstupního signálu.

### 3.1 Definice algoritmu

Vstupem algoritmu je vektor úrovní hlasitosti vypočítaný podle postupu ITU-R BS.1770 [2] s odlišným hradlováním pomocí relativní prahové hodnoty za použití klouzavého *analytického okna* v délce **3 sekundy** pro integraci. Mezi po sobě následujícími analytickými okny se musí používat překrývání, aby nedošlo ke ztrátě přesnosti při měření kratších programů. Požaduje se minimální překryv bloků **66%** (tj. min překrytí 2 s) mezi po sobě následujícími analytickými okny; přesný rozsah překrytí závisí na způsobu implementace.

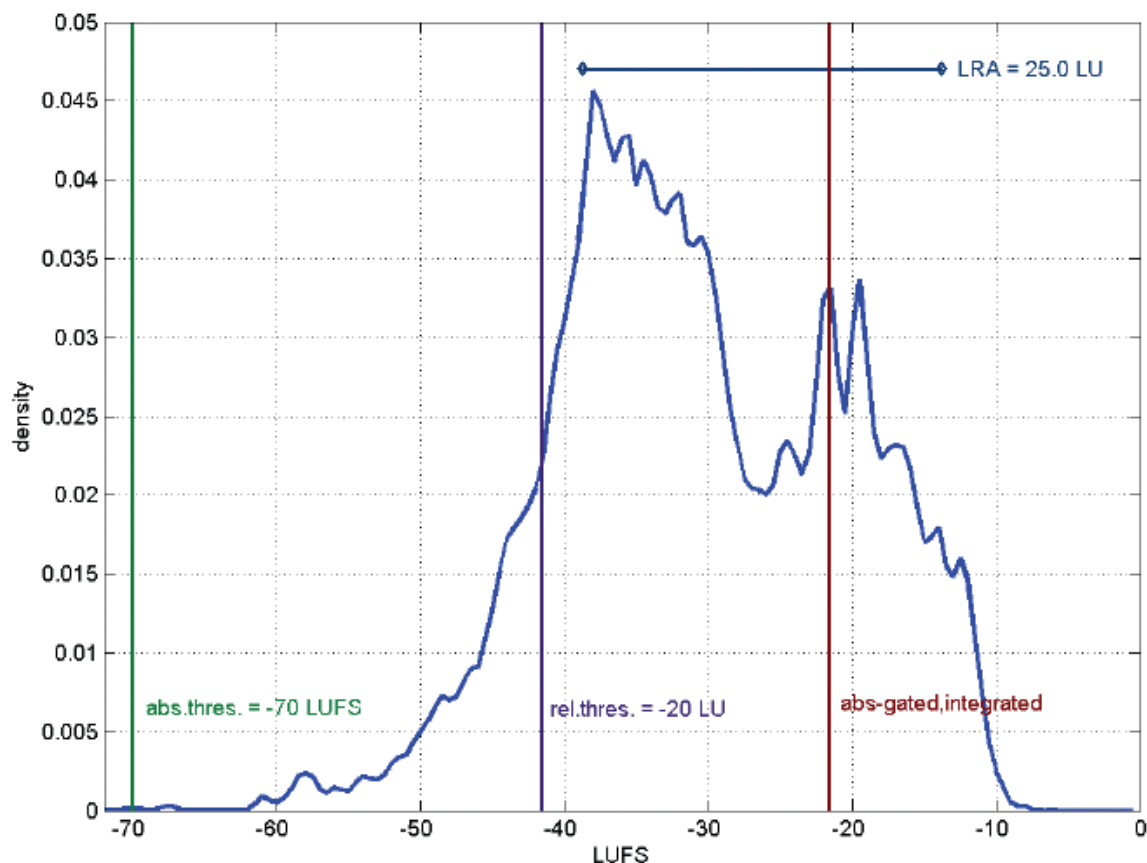
Používá se schéma kaskádového hradlování, které používá absolutní prahovou hodnotu velmi nízké úrovně v kombinaci s relativní prahovou hodnotu vyšší úrovně závislé na signálu.

Účelem hradlování pomocí relativní prahové hodnoty je odfiltrování pasáží ticha nebo hluku na pozadí pomocí metody, která je nezávislá na případné normalizaci úrovně vstupního signálu. Dolní okraj *rozsahu hlasitosti* by neměl být definovaný hlukem pozadí (který může být neslyšný), ale měl by místo toho odpovídat nejslabšímu „skutečnému“ signálu. Relativní prahová hodnota se nastavuje na úroveň **-20 LU** vzhledem k absolutní hradlované úrovni hlasitosti. Účelem hradla využívajícího absolutní prahovou hodnotu je zajistit, aby přechod z relativní prahové hodnoty na absolutní úroveň byl ochráněn před delšími pasážemi ticha nebo nízké úrovně hluku na pozadí. Absolutní prahová hodnota se nastavuje na **-70 LUFS**, protože pod touto úrovní hlasitosti se obecně nenacházejí žádné relevantní signály.

Uvádí se, že měření velmi krátkých pořadů, které obsahují ticho na začátku nebo na konci nebo pořadů, které jsou např. složené z izolovaných výpovědí, může mít za následek zavádějící vysoké hodnoty LRA.

Díky použití kaskádového hradlování zůstávají pouze úrovně hlasitosti bloků klouzavých oken, které obsahují zvuky na popředí a (středně silné) zvuky na pozadí, čímž se eliminují signály nízké úrovně, hluk na pozadí a ticho. Šířka rozložení těchto úrovní hlasitosti se potom kvantifikuje pomocí *percentilového rozsahu*. Percentily patří do *neparametrické statistiky* a používají se při výpočtu *rozsahu hlasitosti*, protože nelze předpokládat, že hladiny hlasitosti obecně patří do konkrétní statistické distribuce.

LRA se definuje jako rozdíl mezi odhadem 10. a 95. percentilu rozložení. Dolní percentil **10%**, může např. zabránit tomu, aby *rozsahu hlasitosti* dominovalo ztišení na konci hudební skladby. Horní percentil **95%** zajišťuje, že jednotlivý neobvykle hlasitý zvuk, např. výstřel z pistole ve filmu, nezpůsobí sám osobě naměření velké hodnoty *rozsahu hlasitosti*.



density = hustota

abs. thres. = absolutní prahová hodnota

rel. thres = relativní prahová hodnota

abs-gated integrated = absolutní hradlovaná integrovaná

**Obr. 1: Rozložení hlasitosti s prahovými hodnotami hradlování a rozsahem hlasitosti pro film „Matrix“ (DVD verze). Převzato od Skovenborga & Lunda (2009) „Popisné ukazatele hlasitosti k charakterizování materiálu s velkým rozsahem hlasitosti“, 127. Konv. AES**

Na obr. 1 je vyznačena absolutní prahová hodnota na -70 LUFS. Absolutní hradlovaná úroveň hlasitosti je -21.6 LUFS (označena jako *abs-gated,integrated*). Relativní prahová hodnota je vyznačena 20 LU pod ní na -41.6 LUFS. Výsledný *rozsah hlasitosti* (LRA = 25.0 LU) je vyobrazen mezi 10. a 95. percentilem rozložení úrovní hlasitosti nad relativní prahovou hodnotou.

#### 4. Minimální požadavky, test shody

Parametr *rozsah hlasitosti* je součástí měřiče hlasitosti s režimem EBU tak, jak je definovaný v Tech dokumentu EBU 3341 [3]. V následujícím textu je uveden soubor minimálních požadavků pro výpočet *rozsahu hlasitosti* ve formě „signálů testování minimálních požadavků“ s odpovídající očekávanou odezvou a přípustnými tolerancemi.

Pokud měřič hlasitosti nabízející režim EBU *neprojde* těmito testy minimálních požadavků, existuje podstatné riziko, že měřič *není* v souladu s režimem EBU. Pokud na druhou stranu měřič splní požadavky testů „minimálních požadavků“, automaticky to neznamená, že je měřič dostatečně přesný ve všech ohledech své implementace.

**Tabulka 1: signály pro testování minimálních požadavků**

Případ testu	Testovací signál	Očekávaná odezva a přijatelné tolerance
1	Stereo sinusová vlna, 1000 Hz, -20,0 dBFS (špičková úroveň na kanál); signál aplikovaný ve fázi na oba kanály zároveň, trvání 20 s; následovaný okamžitě stejným signálem na -30,0 dBFS (tj. tóny jsou 10 dB od sebe)	LRA = 10 ±1 LU
2	Jako č. 1, se 2 tóny na -20,0 dBFS, respektive -15,0 dBFS,	LRA = 5 ±1 LU
3	Jako č. 1, se 2 tóny na -40,0 dBFS, respektive -20,0 dBFS,	LRA = 20 ±1 LU
4	Jako č. 1, ale s 5 tónovými segmenty na -50,0 dBFS, -35,0 dBFS, -20,0 dBFS, -35,0 dBFS, respektive -50,0 dBFS, trvání každého tónu 20 s	LRA = 15 ±1 LU
5	Autentický pořad 1, stereo, úzký rozsah hlasitosti (NLR), segment pořadu; žánrově podobný reklamě/upoutávce	LRA = 5 ±1 LU
6	Autentický pořad 2, stereo, široký rozsah hlasitosti (WLR), segment pořadu; žánrově podobný televizní hře/filmu	LRA = 15 ±1 LU

Ve všech výše uvedených případech je očekávaná odezva nezměnná, když se testovací signál opakuje jednou nebo vícekrát v plné délce. Měřič hlasitosti se musí vynulovat před každým měřením.

„Signály pro testy minimálních požadavků“ [4] jsou k dispozici ke stažení z Technických internetových stránek EBU.

## 5. Implementace MATLAB

Níže je uveden algoritmus pro výpočet *rozsahu hlasitosti* za použití jazyka MATLAB® (nepoužívají se žádné funkce nástrojové sady MATLAB). Tato implementace jazyka MATLAB je určena na doplnění textové definice algoritmu LRA. Nicméně i jiné implementace by byly stejně platné za předpokladu, že měření zůstanou v rámci přípustné tolerance, a když by mohly poskytnout mírně odlišná měření LRA pro některé vstupní signály.

**% FUNKCE MATLAB K VÝPOČTU ROZSAHU HLASITOSTI**  
**% -----**

funkce LRA = Rozsah hlasitosti (krátkodobá hlasitost)

**% Vstup:** Krátkodobá hlasitost je vektorem úrovní hlasitosti, vypočítaných  
**% jak je uvedeno v ITU-R BS.1770 bez hradla, za použití posuvného**  
**% analytického okna o délce 3 s, překryv >= 2 s**

**% Konstanty**

ABS\_THRES = -70;                   **% LUFS (= absolutní parametr)**  
REL\_THRES = -20;                   **% LU (= relativní parametr)**  
PRC\_LOW = 10;                      **% dolní percentil**  
PRC\_HIGH = 95;                     **% horní percentil**

**% Aplikace hradla pomocí abs. prahové hodnoty**

abs\_gate\_vec = (ShortTermLoudness >= ABS\_THRES);  
**% vektor abs. hradla je ukazatelem úrovní hlasitosti nad abs. prahovou hodnotou**  
stl\_absgated\_vec = ShortTermLoudness(abs\_gate\_vec);  
**% pouze obsahuje úrovně hlasitosti, které jsou nad prahovou hodnotou hradla**

```

% Aplikace hradla pomocí relativní prahové hodnoty (nerekurzivní definice)
n = length(stl_absgated_vec);
stl_power = sum(10.^(stl_absgated_vec./10))/n;          % zrušit 10log10, a vypočítat střední
stl_integrated = 10*log10(stl_power);                  % LUFS
rel_gate_vec = (stl_absgated_vec >= stl_integrated + REL_THRES);
% vektor rel. hradla je ukazatelem úrovní hlasitosti nad rel. prahovou hodnotou
stl_relgated_vec = stl_absgated_vec( rel_gate_vec );
% pouze obsahuje úrovně hlasitosti, které jsou nad prahovou hodnotou hradla

% Výpočet horního a dolního percentilu rozložení
% hodnot v stl_relgated_vec
n = length(stl_relgated_vec);
stl_sorted_vec = sort(stl_relgated_vec);
% třídění prvků v rostoucím pořadí
stl_perc_low = stl_sorted_vec(round((n-1)*PRC_LOW/100 + 1)); stl_perc_high =
stl_sorted_vec(round((n-1)*PRC_HIGH/100 + 1));

% Výpočet parametru rozsahu hlasitosti
LRA = stl_perc_high - stl_perc_low;    % v LU

```

## 6. Literatura

- [1] **EBU Technical Recommendation R 128** 'Loudness normalisation and permitted maximum level of audio signals' (normalizace hlasitosti a maximální povolená úroveň zvukových signálů)
- [2] **Recommendation ITU-R BS.1770** 'Algorithms to measure audio programme loudness and true-peak audio level' (algoritmy k měření hlasitosti zvukových pořadů a skutečné špičkové úrovně zvuku)
- [3] **EBU Tech Doc 3341** 'Loudness Metering: 'EBU Mode' metering to supplement Loudness normalisation in accordance with EBU R 128' (měření hlasitosti: měření v „režimu EBU“ na doplnění normalizace hlasitosti v souladu s EBU R 128“)
- [4] Signály pro testy minimálních požadavků na měřiče hlasitosti s režimem EBU poskytuje EBU na <http://tech.ebu.ch/loudness>.

## 7. Další literatura

**EBU Tech Doc 3343** 'Practical Guidelines for Production and Implementation in accordance with EBU R 128' (praktické pokyny pro výrobu a implementaci podle EBU R 128)

**EBU Tech Doc 3344** 'Practical Guidelines for Distribution of Programmes in accordance with EBU R 128' (praktické pokyny pro distribuci programů podle EBU R 128)