

Počítačové zpracování řeči

Luděk Bártek

Fakulta Informatiky
Masarykova Univerzita Brno

podzim 2022

Obsah

- 1 Základy fonetiky
- 2 Fonetický přepis
- 3 Hlásky
 - Samohlásky
 - Souhlásky

Fonetika

- Přírodní věda na pomezí lingvistiky, anatomie, fyziologie a fyziky (akustiky)
- Zkoumá zvukovou stánku jazyka z různých aspektů jazyka:
 - fyziologickou činnost mluvidel
 - akustickou podstatu zvuků.
- Dělení fonetiky:
 - artikulační - tvorba fónů ve zvukovém ústrojí
 - akustická - přenos zvuků prostředím, jejich frekvence, ...
 - percepční - jak jsou zvuky přijímány,

Základy fonetiky

- Foném - elementární zvukový segment, který je schopný diferencovat vyšší znakové jednotky jazykového systému (morfémy).
- Fonémy:
 - samohlázky:
 - základní frekvence
 - formanty
 - souhlázky:
 - znělé - na vzniku se spolupodílí hlasivky
 - neznělé.

Základy fonetiky

- Koartikulace - vzniká změnou parametrů řečového ústrojí při přechodu z jedné hlásky na druhou
 - další řečové jednotky:
 - alofón
 - difón
 - trifón
- Fonetický přepis - Jednoznačný a přesný zápis mluvené řeči.

Fonetický přepis

- Přesný a jednoznačný zápis mluvené řeči.
- IPA - International Phonetic Alphabet
 - součást standardu UNICODE.
- Národní fonetické abecedy.
- TTS - většinou využívají 7bitový ASCII přepis znaků z IPA (SAMPA - Speech Assessment Methods Phonetic Alphabet) např. DITe
- pravidla pro přepis:
 - změna znělosti na hranici znělá souhláska - neznělá souhláska
 - měkčení souhlásek, pokud následuje *i*, *ě*
 - ...
- Občas může být přepis regionálně závislý:
 - *sh*:
 - Čechy - sch
 - Morava - zh

THE INTERNATIONAL PHONETIC ALPHABET (2005)

CONSONANTS (PHONEMIC)

	LABIAL					DENTAL					ALVEOLAR					PALATAL					VELAR					NASAL	
	Labial	Labiodental	Dental	Alveolar	Postalveolar	Dental	Alveolar	Postalveolar	Retroflex	Palatal	Velar	Uvular	Pharyngeal	Glottal	Glottal	Glottal	Glottal	Glottal	Glottal	Glottal	Glottal	Glottal	Glottal				
Masal	m	ɱ		n	ɳ	ɲ	ɳ	ɳ	ɳ	ŋ	ɴ																
Plazav	p	ɸ		t	ɖ	ʈ	ɟ	ɟ	ɟ	ç	q																
Plazav	b	β		d	ɗ	ɟ	ɟ	ɟ	ç	g																	
Plazav	f	v	ɸ	s	ʃ	ʃ	ʃ	ʃ	ç	x																	
Plazav	β	ɸ		z	ʒ	ʒ	ʒ	ʒ	ç	χ																	
Plazav	β	ɸ		ʒ	ʒ	ʒ	ʒ	ʒ	ç	χ																	
Plazav	β	ɸ		ʒ	ʒ	ʒ	ʒ	ʒ	ç	χ																	
Plazav	β	ɸ		ʒ	ʒ	ʒ	ʒ	ʒ	ç	χ																	
Plazav	β	ɸ		ʒ	ʒ	ʒ	ʒ	ʒ	ç	χ																	
Plazav	β	ɸ		ʒ	ʒ	ʒ	ʒ	ʒ	ç	χ																	
Plazav	β	ɸ		ʒ	ʒ	ʒ	ʒ	ʒ	ç	χ																	
Plazav	β	ɸ		ʒ	ʒ	ʒ	ʒ	ʒ	ç	χ																	
Plazav	β	ɸ		ʒ	ʒ	ʒ	ʒ	ʒ	ç	χ																	
Plazav	β	ɸ		ʒ	ʒ	ʒ	ʒ	ʒ	ç	χ																	
Plazav	β	ɸ		ʒ	ʒ	ʒ	ʒ	ʒ	ç	χ																	
Plazav	β	ɸ		ʒ	ʒ	ʒ	ʒ	ʒ	ç	χ																	
Plazav	β	ɸ		ʒ	ʒ	ʒ	ʒ	ʒ	ç	χ																	
Plazav	β	ɸ		ʒ	ʒ	ʒ	ʒ	ʒ	ç	χ																	
Plazav	β	ɸ		ʒ	ʒ	ʒ	ʒ	ʒ	ç	χ																	
Plazav	β	ɸ		ʒ	ʒ	ʒ	ʒ	ʒ	ç	χ																	
Plazav	β	ɸ		ʒ	ʒ	ʒ	ʒ	ʒ	ç	χ																	
Plazav	β	ɸ		ʒ	ʒ	ʒ	ʒ	ʒ	ç	χ																	
Plazav	β	ɸ		ʒ	ʒ	ʒ	ʒ	ʒ	ç	χ																	
Plazav	β	ɸ		ʒ	ʒ	ʒ	ʒ	ʒ	ç	χ																	
Plazav	β	ɸ		ʒ	ʒ	ʒ	ʒ	ʒ	ç	χ																	
Plazav	β	ɸ		ʒ	ʒ	ʒ	ʒ	ʒ	ç	χ																	
Plazav	β	ɸ		ʒ	ʒ	ʒ	ʒ	ʒ	ç	χ																	
Plazav	β	ɸ		ʒ	ʒ	ʒ	ʒ	ʒ	ç	χ																	
Plazav	β	ɸ		ʒ	ʒ	ʒ	ʒ	ʒ	ç	χ																	
Plazav	β	ɸ		ʒ	ʒ	ʒ	ʒ	ʒ	ç	χ																	
Plazav	β	ɸ		ʒ	ʒ	ʒ	ʒ	ʒ	ç	χ																	
Plazav	β	ɸ		ʒ	ʒ	ʒ	ʒ	ʒ	ç	χ																	
Plazav	β	ɸ		ʒ	ʒ	ʒ	ʒ	ʒ	ç	χ																	
Plazav	β	ɸ		ʒ	ʒ	ʒ	ʒ	ʒ	ç	χ																	
Plazav	β	ɸ		ʒ	ʒ	ʒ	ʒ	ʒ	ç	χ																	
Plazav	β	ɸ		ʒ	ʒ	ʒ	ʒ	ʒ	ç	χ																	
Plazav	β	ɸ		ʒ	ʒ	ʒ	ʒ	ʒ	ç	χ																	
Plazav	β	ɸ		ʒ	ʒ	ʒ	ʒ	ʒ	ç	χ																	
Plazav	β	ɸ		ʒ	ʒ	ʒ	ʒ	ʒ	ç	χ																	
Plazav	β	ɸ		ʒ	ʒ	ʒ	ʒ	ʒ	ç	χ																	
Plazav	β	ɸ		ʒ	ʒ	ʒ	ʒ	ʒ	ç	χ																	
Plazav	β	ɸ		ʒ	ʒ	ʒ	ʒ	ʒ	ç	χ																	
Plazav	β	ɸ		ʒ	ʒ	ʒ	ʒ	ʒ	ç	χ																	
Plazav	β	ɸ		ʒ	ʒ	ʒ	ʒ	ʒ	ç	χ																	
Plazav	β	ɸ		ʒ	ʒ	ʒ	ʒ	ʒ	ç	χ																	
Plazav	β	ɸ		ʒ	ʒ	ʒ	ʒ	ʒ	ç	χ																	
Plazav	β	ɸ		ʒ	ʒ	ʒ	ʒ	ʒ	ç	χ																	
Plazav	β	ɸ		ʒ	ʒ	ʒ	ʒ	ʒ	ç	χ																	
Plazav	β	ɸ		ʒ	ʒ	ʒ	ʒ	ʒ	ç	χ																	
Plazav	β	ɸ		ʒ	ʒ	ʒ	ʒ	ʒ	ç	χ																	
Plazav	β	ɸ		ʒ	ʒ	ʒ	ʒ	ʒ	ç	χ																	
Plazav	β	ɸ		ʒ	ʒ	ʒ	ʒ	ʒ	ç	χ																	
Plazav	β	ɸ		ʒ	ʒ	ʒ	ʒ	ʒ	ç	χ																	
Plazav	β	ɸ		ʒ	ʒ	ʒ	ʒ	ʒ	ç	χ																	
Plazav	β	ɸ		ʒ	ʒ	ʒ	ʒ	ʒ	ç	χ																	
Plazav	β	ɸ		ʒ	ʒ	ʒ	ʒ	ʒ	ç	χ																	
Plazav	β	ɸ		ʒ	ʒ	ʒ	ʒ	ʒ	ç	χ																	
Plazav	β	ɸ		ʒ	ʒ	ʒ	ʒ	ʒ	ç	χ																	
Plazav	β	ɸ		ʒ	ʒ	ʒ	ʒ	ʒ	ç	χ																	
Plazav	β	ɸ		ʒ	ʒ	ʒ	ʒ	ʒ	ç	χ																	
Plazav	β	ɸ		ʒ	ʒ	ʒ	ʒ	ʒ	ç	χ																	
Plazav	β	ɸ		ʒ	ʒ	ʒ	ʒ	ʒ	ç	χ																	
Plazav	β	ɸ		ʒ	ʒ	ʒ	ʒ	ʒ	ç	χ																	
Plazav	β	ɸ		ʒ	ʒ	ʒ	ʒ	ʒ	ç	χ																	
Plazav	β	ɸ		ʒ	ʒ	ʒ	ʒ	ʒ	ç	χ																	
Plazav	β	ɸ		ʒ	ʒ	ʒ	ʒ	ʒ	ç	χ																	
Plazav	β	ɸ		ʒ	ʒ	ʒ	ʒ	ʒ	ç	χ																	
Plazav	β	ɸ		ʒ	ʒ	ʒ	ʒ	ʒ	ç	χ																	
Plazav	β	ɸ		ʒ	ʒ	ʒ	ʒ	ʒ	ç	χ																	
Plazav	β	ɸ		ʒ	ʒ	ʒ	ʒ	ʒ	ç	χ																	
Plazav	β	ɸ		ʒ	ʒ	ʒ	ʒ	ʒ	ç	χ																	
Plazav	β	ɸ		ʒ	ʒ	ʒ	ʒ	ʒ	ç	χ																	
Plazav	β	ɸ		ʒ	ʒ	ʒ	ʒ	ʒ	ç	χ																	
Plazav	β	ɸ		ʒ	ʒ	ʒ	ʒ	ʒ	ç	χ																	
Plazav	β	ɸ		ʒ	ʒ	ʒ	ʒ	ʒ	ç	χ																	
Plazav	β	ɸ		ʒ	ʒ	ʒ	ʒ	ʒ	ç	χ																	
Plazav	β	ɸ		ʒ	ʒ	ʒ	ʒ	ʒ	ç	χ																	

Česká fonetická abeceda

- Krátké samohlásky:
 - a a pata, εe led, ii lid, o/ɔo rod, uυ ruka
- Dlouhé samohlásky:
 - a: a:, á pátá; ε: e:, é léto; i: i:, í lípa; o:/ɔ: o:, ó tón; u: u:, ú úkol
- Dvojhásky:
 - aυ au, au auto: ευ eυ, eu euforie' ου/ɔυ ou ou houba

Česká fonetická abeceda

Dokončení

- Souhlásky:
 - m m matka' m̩ m̩, tramvaj' n n nos n̩ ň kůň ŋ ŋ banka
 - p p pes; b b babička; t t táta; d d dům; c ě ťapka; k k kost; g g gram
 - ts c co' dʒ z, dz' lecko' tʃč čáp' dʒ, dž džem
 - f f fuj' v v voda' s s sen' z z zub' ʃ š šíř' žž žena' x x, ch chléb' xʁabych byl' fih hra
 - r r rak' r̩ ř řeka' r̩ ř, ř rybář
 - j j já; l l les
 - r̩ r̩ krk' l̩ l̩ vlk' m̩ m̩ rožmberk

Ukázka textu v abecedě SAMPA spolu s výsledkem.

- Fonetický přepis věty "Čeština je krásná řeč"
 - tSeSTina je kra:sna: r\etS
 - Syntetizovaná věta "Čeština je krásná řeč."
(data/cestina.wav)

Fonetika - samohlásky

- Krátké samohlásky - a, e, i, o, u
- Dlouhá samohlásky - á, é, í, (ó), ú
- Dvojhlásky - (eu), (au), ou
- Samohlásky:
 - základní hlasivkový tón - 100 - 400 Hz
 - formanty - rezonancí v dutinách hlasového traktu zesílené části akustického spektra

Formanty

- Určující pro rozpoznávání samohlásek
- Formant F_1 vzniká rezonancí v dutině ústní
- Formant F_2 vzniká rezonancí v dutině hrdelní
- Hlavní formanty - spektrální poloha a intenzita může být dána:
 - muž
 - žena
 - dítě
 - individuálně
- Vyšší formanty F_3 -
 - výskyt bývá individuální

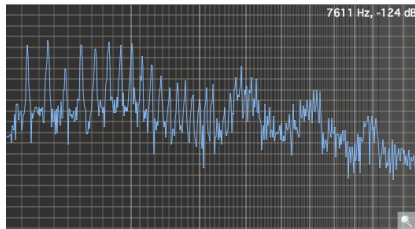
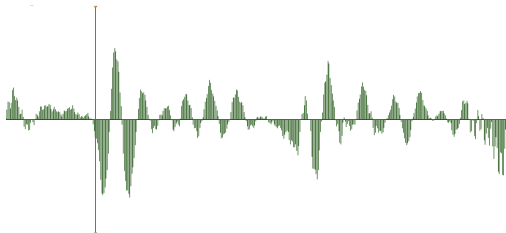
Formanty F_1 a F_2 pro české samohlázky

hláska	F_1 [Hz]	F_2 [Hz]
a	750 - 1100	1100 - 1500
e	500 - 700	1500 - 2000
i	300 - 500	2000 - 3000
o	500 - 700	900 - 1200
u	300 - 500	600 - 1000

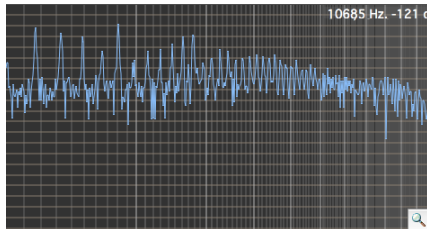
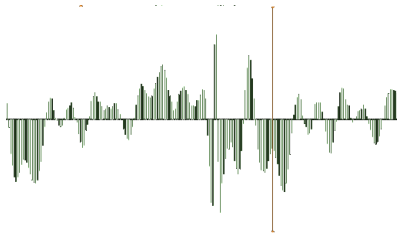
Četnost výskytu samohlásek

- e - 10 %
- a, o, i - 6 — 7 %
- í - 4 %
- další jen s nepatrnou frekvencí:
 - á, u, é, ou, ú
 - ó, au, eu

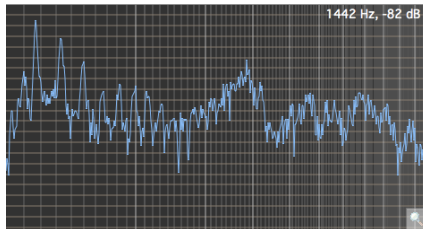
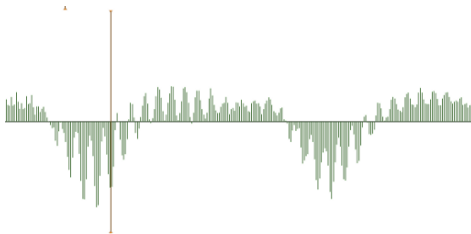
České samohlásky - a



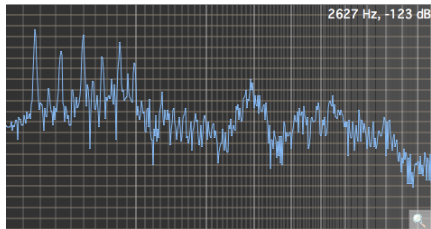
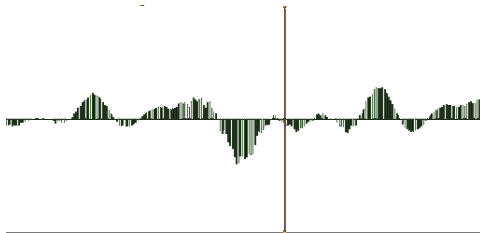
České samohlásky - e



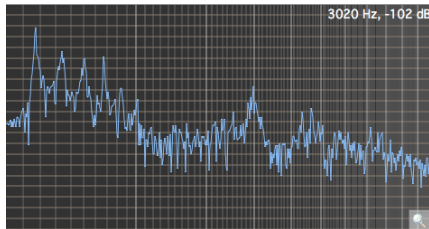
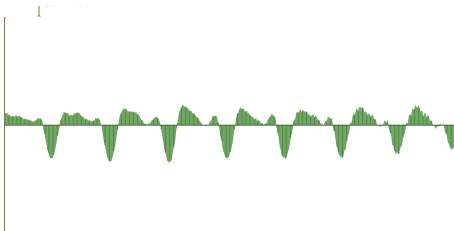
České samohlásky - i



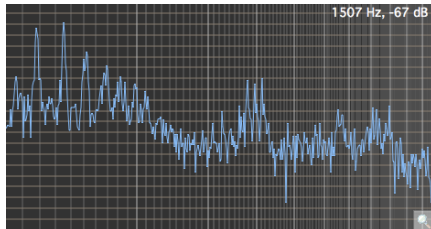
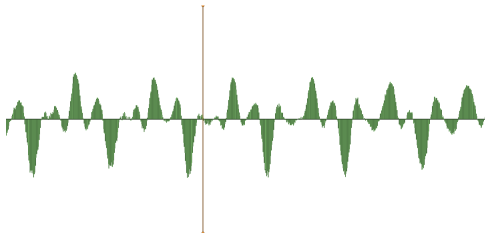
České samohlásky - o



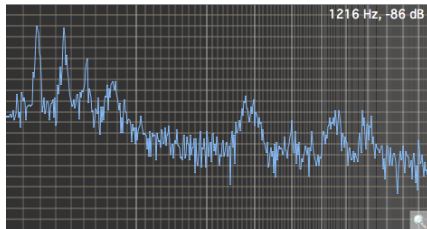
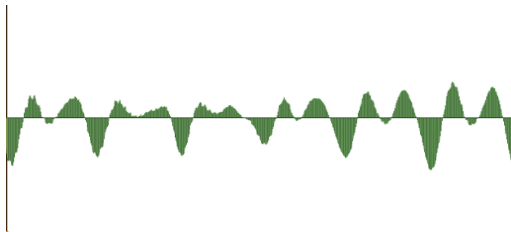
České samohlásky - u



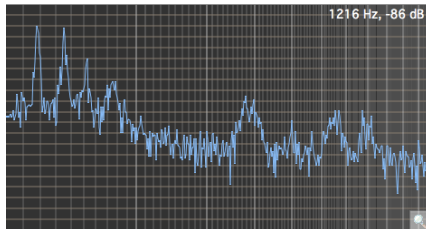
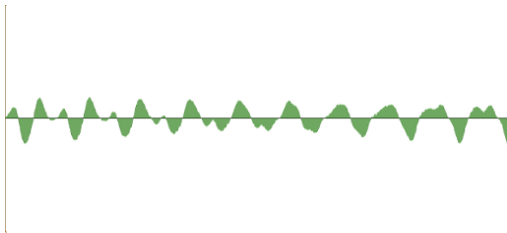
České dvojhlásky - au



České dvojhlásky - ou



České dvojhlásky - eu



Souhlásky (konsonanty)

- Zvukově dynamické děje.
- Pojem formantu ztrácí význam
 - tónový charakter mají pouze části některých souhlásek.
- Klasifikace:
 - znělé (sonorní)
 - neznělé (šumové)
 - fonetické dále podle místa a způsobu artikulace na:
 - retné - m, b, p, w, v, f
 - zubní - n, d, t, dh, th
 - dásňové - c [ts], z, s, dz
 - patrové - ň, ď, ť, ž, š
 - závěrové (okluzívy, ražené, explozívy) - b, d, ď, g, p, ť
 - úžinové - v, z, ž, f, th, s, š, ...

Znělé a neznělé souhlásky

- Znělé souhlásky
 - charakteristické přítomností základního tónu
 - na vytváření se aktivně podílejí hlasivky.
- Neznělé souhlásky
 - hlasivky jsou pasivní (otevřené)
- Párové
 - neliší se artikulací, pouze znělostí
 - např. b-p, d-t. z-s, ...

Porovnání párových souhlásek (waveform)

Figure: Souhláska s

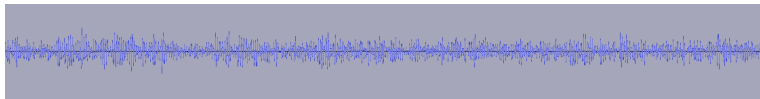
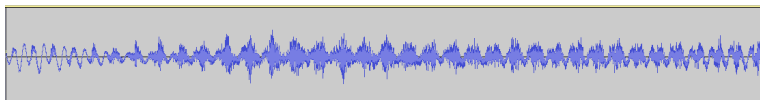


Figure: Souhláska z



Porovnání párových souhlásek (spektrum)

Figure: Spektrum souhlásky s

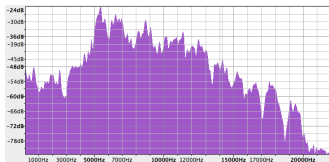
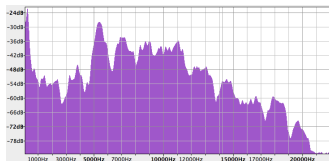


Figure: Spektrum souhlásky z

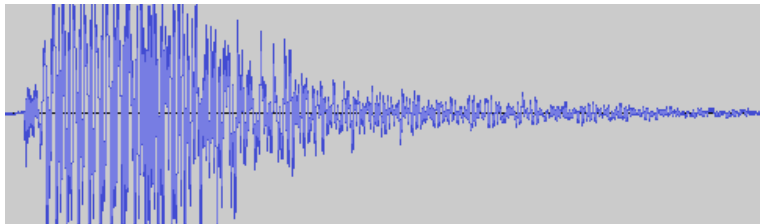


Podle způsobu tvorby

- Okluzívy
 - závěrové souhlásky
 - vytvořena překážka výdechovému proudu vzduchu:
 - jazyk
 - zuby
 - rty
 - (p, b), (t, d), (ť, ď). (k, g), m, n, ň
- Frikativy
 - úžinové
 - zúžení výdechové cesty při artikulaci
 - (s, z), (š, ž), (f, v), (ch, h), l, j, r, ř
- Semiokluzívy
 - polouzávěrové
 - vytváří se jak překážkou, tak zúžením výdechové cesty
 - c, č

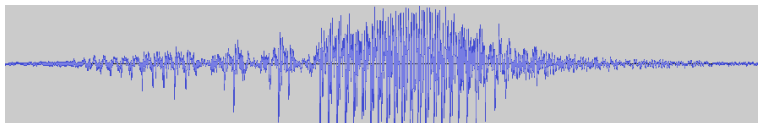
Ukázka okluzívy

Figure: Souhláska p



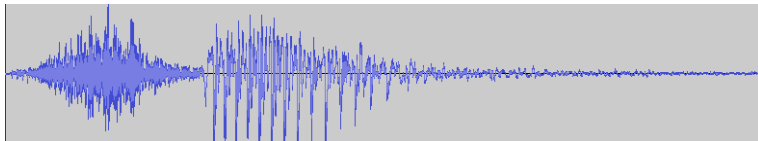
Ukázka frikativy

Figure: Souhláska r



Ukázka semiokluzívy

Figure: Souhláska c



Koartikulace

- Modifikace fonému v řečovém kontextu.
- Nutnost přenastavit řečový trakt na další foném.
- Způsobuje problémy při:
 - syntéze řeči
 - rozpoznávání řeči.

Ukázka vlivu koartikulace - původní fonémy

Figure: Souhláska p

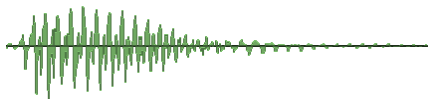
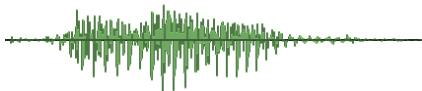


Figure: Samohláska a



Ukázka vlivu koartikulace (2.)

Figure: Spojené hlázky p a a

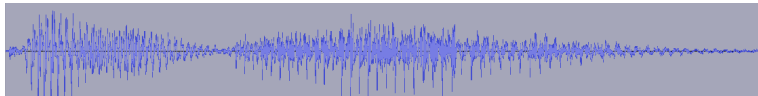


Figure: Slabika pa

