

Počítačové zpracování řeči

Luděk Bártek¹

1

—

1 Základy fonetiky

- 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:
 - samohlásky:
 - základní frekvence
 - formanty
 - samohlásky:
 - znělé - na vzniku se spolupodílí hlasivky
 - neznělé.
- Koartikulace - vzniká změnou parametrů řečového ústrojí při přechodu z jedné hlásky na druhou
 - další řečové jednotky:
 - alofón
 - difón
 - trifón

Základy fonetiky

dokončení

- Fonetický přepis - psaná a mluvená forma téže promluvy se mohou lišit.
 - 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 (PULMONIC)

	LABIAL		DORSAL				CORONAL			SIBILANT		LABIODENTAL
	Labial dorsal	Dorsal	Alveolar	Palatoalveolar	Retrolabial	Palatal	Velar	Uvular	Pharyngeal	Epiglottal	Glottal	
Musical	m ɱ	n	ɲ	ɳ	ɰ	ɸ β	ɓ	ʡ	ʕ	ʕ	ʔ	
Plosive	p b	t d	c j	k g	q ɢ					ʔ	ʕ	
Fricative	f v	s z	ʃ ʒ	x χ	ħ	h			ħ	ħ	ɦ	
Approximant	ɹ	ɻ	ɻ	j	ɰ					ɰ	ɦ	
Trill	ʙ		ʀ					ʀ			ʀ	
Tap, Flap	ɾ		ɽ								ɽ	
Lateral fricative			ɬ ɮ									
Lateral approximant			l			ɭ		ɭ				
Lateral flap			ɭ									

Where symbols appear in pairs, the one to the right represents a mildly voiced consonant, except for nasals **m, n**. Shaded areas denote articulations judged to be impossible. Light grey boxes are unorthodox extensions of the IPA.

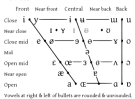
CONSONANTS (NON-PULMONIC)

Anterior click releases (require posterior stops)	Voiced implosives	Ejectives
ɔ Bilabial fricative	ɓ Bilabial	ʔ Example:
ɖ Labiodental fricative (dorsal)	ɗ Dental or alveolar	ʈ Bilabial
ɗ Apical (post)alveolar fricative ("retroflex")	ɟ Palatal	ɟ Dental or alveolar
ɟ Labiodental fricative ("labiodental release")	ɠ Velar	ɣ Velar
ʙ Lateral alveolar fricative ("lateral")	ɡ Uvular	ʕ Alveolar fricative

CONSONANTS (CO-ARTICULATED)

ᵛ Voiceless labialized velar approximant
ᵚ Voiced labialized velar approximant
ɥ Voiced labialized palatal approximant
ɕ Voiceless palatalized postalveolar (labiodental-palatal) fricative
ʑ Voiced palatalized postalveolar (labiodental-palatal) fricative
ɕʰ Simultaneous x and f (disputed)
ʞ ʟ Affricates and double articulations may be joined by a tie bar

VOWELS



SUPRASEGMENTALS

Primary stress	Extra stress	Level/tone	Contour/tone example
ˈ Primary stress	ˑ Extra stress	˥ High	˥˥ Rising
ˌ Secondary stress	ˑˑ Half-long	˥̈ Mid	˥̈˥̈ Falling
ː Long	ˑˑˑ Extra-short	˨̥ Low	˨̥˨̥ High rising
ˑ short	ˑˑˑˑ Linking (no break)	˨̂ Mid	˨̂˨̂ Low rising
˘ syllable-break	˘˘˘˘˘ Linking (no break)	˨̄ Low	˨̄˨̄ Low rising
˙ Minor (foot) break		˨̆ Bottom	˨̆˨̆ High falling
˚ Major (interruption) break		˨̊ Tone-raising	˨̊˨̊ Low falling
˜ Glot rise	˜˜ Glot fall	˨̋ Upstep	˨̋˨̋ Peaking
	˜˜˜ Downstep	˨̌ Downstep	˨̌˨̌ Dipping

DIACRITICS Diacritics may be placed above a symbol with a descender, as **ᶑ**. Other IPA symbols may appear as diacritics to represent phonetic detail: **ʰ** (fricative release), **ʷ** (brachyly voice), **̠** (glottal consonant), **̡** (linguistic schwa), **̣** (diphthong nucleus).

VELARIZATION	LABIALIZATION	MOVEMENT	VOICING	PRIMAry ANTI-VOCALIZATION	SECONDAry ANTI-VOCALIZATION
ɫ ɮ Velarization	ɸ β Labialization	ɔ̄ ɔ̂ Voiceless or slack voice	ɬ ɮ Dental	ɬ̥ ɮ̥ Labialized	ɬ̥ ɮ̥ More rounded
ɬ̥ ɮ̥ Non-syllabic	ɸ̥ β̥ Labialization	ɬ̥ ɮ̥ Voiced voice or stiff voice	ɬ̥ ɮ̥ Apical	ɬ̥̚ ɮ̥̚ Palatalized	ɬ̥̚ ɮ̥̚ Less rounded
ɬ̥̚ ɮ̥̚ (voiceless aspirated)	ɸ̥̚ β̥̚ Labialization	ɬ̥̚ ɮ̥̚ Breathily voice	ɬ̥̚ ɮ̥̚ Lateral	ɬ̥̚̚ ɮ̥̚̚ Velarized	ɬ̥̚̚ ɮ̥̚̚ Nasalized
ɬ̥̚̚ ɮ̥̚̚ Nasal release	ɸ̥̚̚ β̥̚̚ Labialization	ɬ̥̚̚ ɮ̥̚̚ Creakily voice	ɬ̥̚̚ ɮ̥̚̚ Advanced	ɬ̥̚̚̚ ɮ̥̚̚̚ Pharyngealized	ɬ̥̚̚̚ ɮ̥̚̚̚ Alveolarly
ɬ̥̚̚̚ ɮ̥̚̚̚ Lateral release	ɸ̥̚̚̚ β̥̚̚̚ Labialization	ɬ̥̚̚̚ ɮ̥̚̚̚ Strident	ɬ̥̚̚̚ ɮ̥̚̚̚ Retracted	ɬ̥̚̚̚̚ ɮ̥̚̚̚̚ Velarized or pharyngealized	ɬ̥̚̚̚̚ ɮ̥̚̚̚̚ Alveolarly
ɬ̥̚̚̚̚ ɮ̥̚̚̚̚ No audible release	ɸ̥̚̚̚̚ β̥̚̚̚̚ Labialization	ɬ̥̚̚̚̚ ɮ̥̚̚̚̚ Lingualized	ɬ̥̚̚̚̚ ɮ̥̚̚̚̚ Centralized	ɬ̥̚̚̚̚̚ ɮ̥̚̚̚̚̚ Muffled	ɬ̥̚̚̚̚̚ ɮ̥̚̚̚̚̚ Retracted tongue root
ɬ̥̚̚̚̚̚ ɮ̥̚̚̚̚̚ Lowered	ɸ̥̚̚̚̚̚ β̥̚̚̚̚̚ Labialization	ɬ̥̚̚̚̚̚ ɮ̥̚̚̚̚̚ Raised	ɬ̥̚̚̚̚̚ ɮ̥̚̚̚̚̚ Raised	ɬ̥̚̚̚̚̚̚ ɮ̥̚̚̚̚̚̚ Muffled	ɬ̥̚̚̚̚̚̚ ɮ̥̚̚̚̚̚̚ Retracted tongue root

Podrobnosti viz <http://www.langsci.ucl.ac.uk/ipa/>

Česká fonetická abeceda

- Krátké samohlásky:
 - a pata, e led, i lid, o rod, u ruka
- Dlouhé samohlásky:
 - a:, á pátá; e:, é léto; i:, í lípa; o:, ó tón; u:, ú úkol
- Dvojhlásky:
 - au auto; eu euforie; ou houba

Česká fonetická abeceda

- Souhlásky:
 - m matka; *μ* tramvaj; n nos ň kůň nk banka
 - p pes; b babička; t táta; d dům; ř řapka; ě ěábel; k kost; g gram
 - c co; dz; leckdo; č čáp; dž džem
 - f fuj; v voda; s sen; z zub; š šíp; ž žena; x, ch chléb; ych abych byl; h hra
 - r rak; ř řeka; ř rybář
 - j j já; l l les
 - r krk; l vlk; m 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 F1 vzniká rezonancí v dutině ústní
- Formant F2 vzniká rezonancí v dutině hrdelní
- Hlavní formanty - spektrální poloha a intenzita může být dána:
 - muž
 - žena
 - dítě
 - individuálně
- Vyšší formanty F3 -
 - výskyt bývá individuální

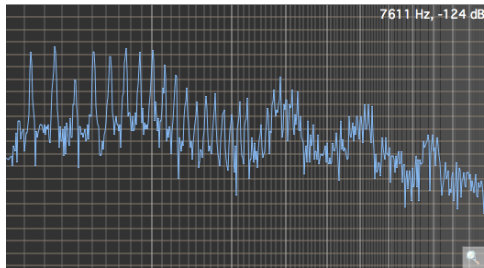
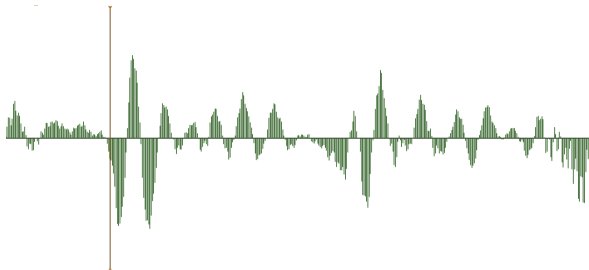
Formanty F1 a F2 pro české samohlásky

hláska	F1 [Hz]	F2 [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

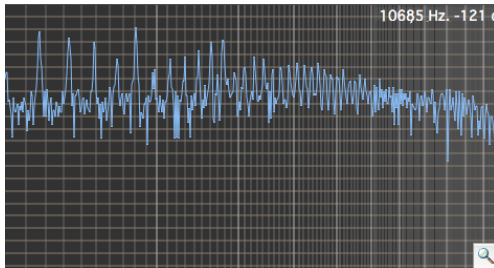
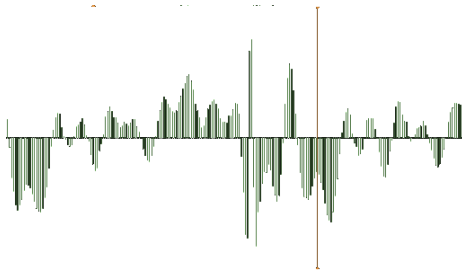
Četnost výskytu samohlásek

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

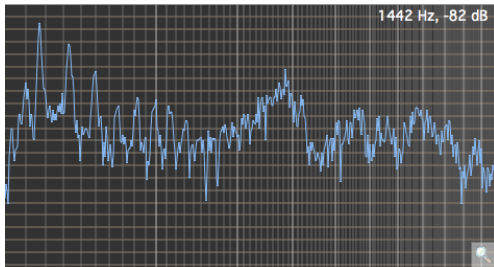
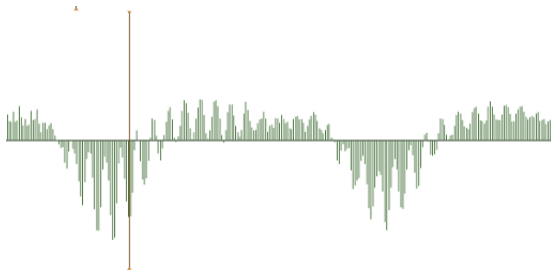
České samohlásky - a



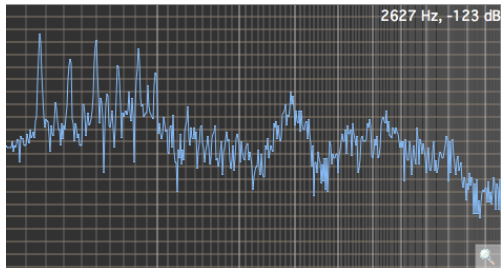
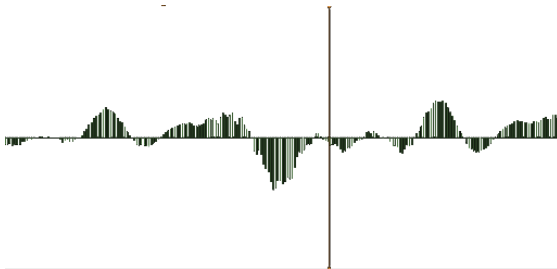
České samohlásky - e



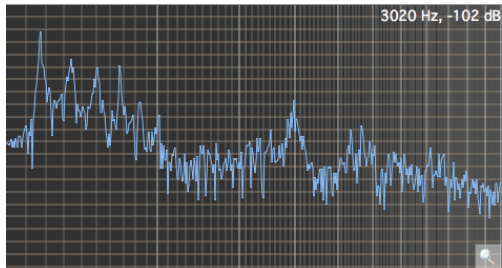
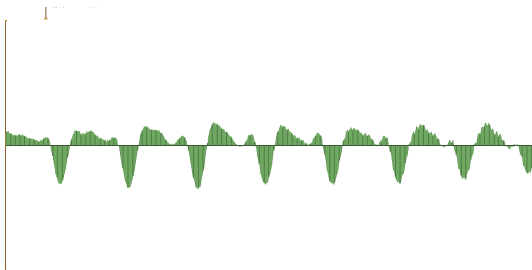
České samohlásky - i



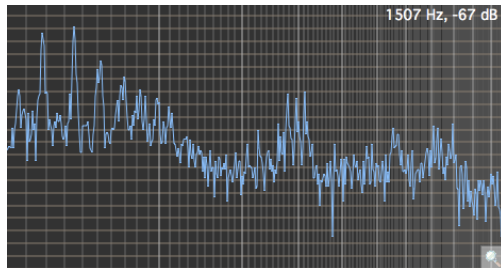
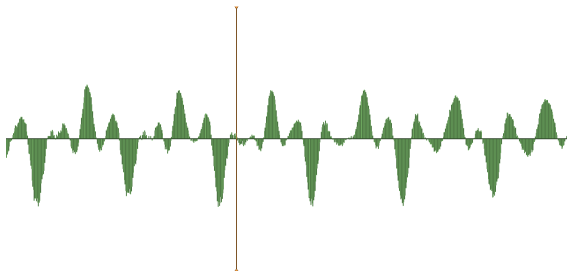
České samohlásky - o



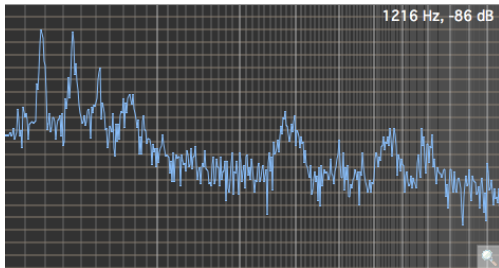
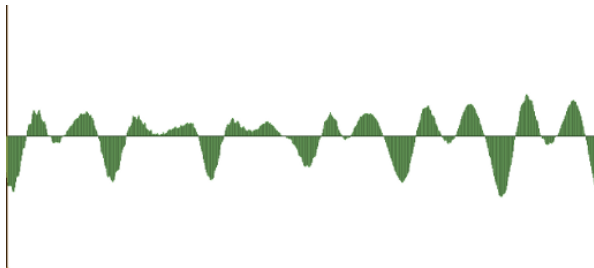
České samohlásky - u



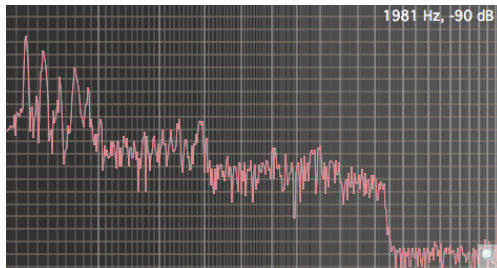
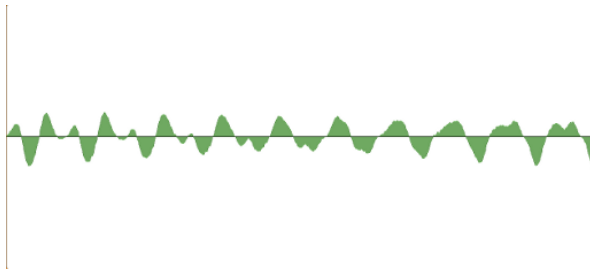
České dvojhlásky - au



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, z, s, dz
 - patrové - ň, ě, ř, ž, š
 - závěrové (okluzívy, režené, explozívy) - b, d, ě, g, p, ř
 - 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)

S – Z

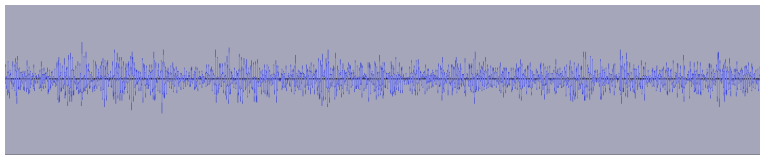


Figure: Průběh hlásky S

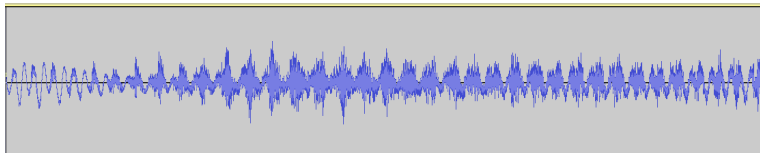


Figure: Průběh hlásky Z

Porovnání párových souhlásek (spektrum) S – Z

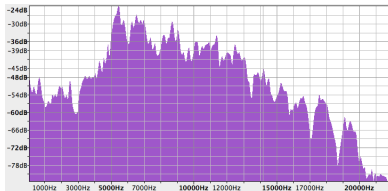


Figure: Spektrum hlásky s

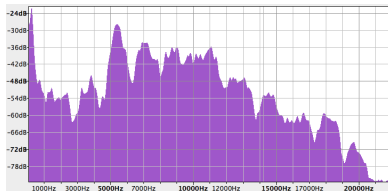


Figure: Spektrum hlásky z

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

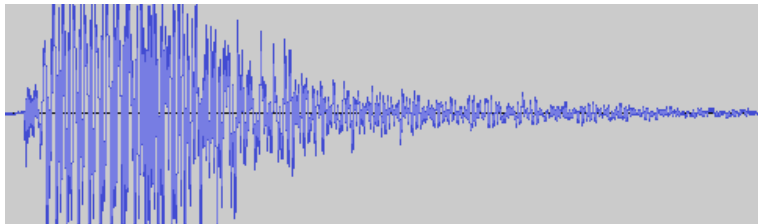


Figure: Průběh hlásky p

Ukázka frikativy

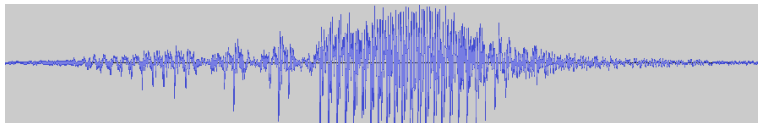


Figure: Průběh hlásky r

Ukázka semiokluzívy

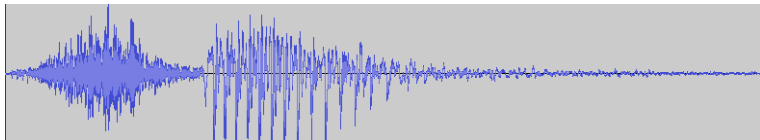


Figure: Průběh hlásky c

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: Samotné p

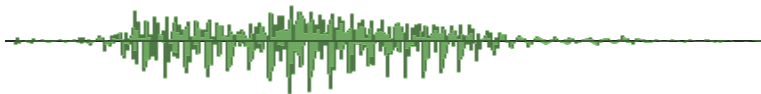


Figure: Samotné á

Ukázka vlivu koartikulace (2.)

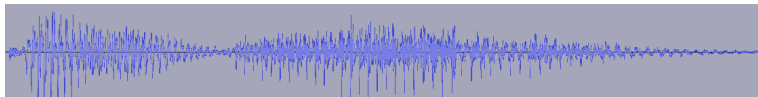


Figure: Spojení fonémů p a á

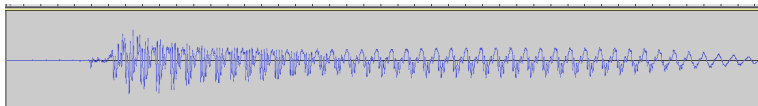


Figure: Vyslovená slabika pá