

# Časově frekvenční analýza signálu

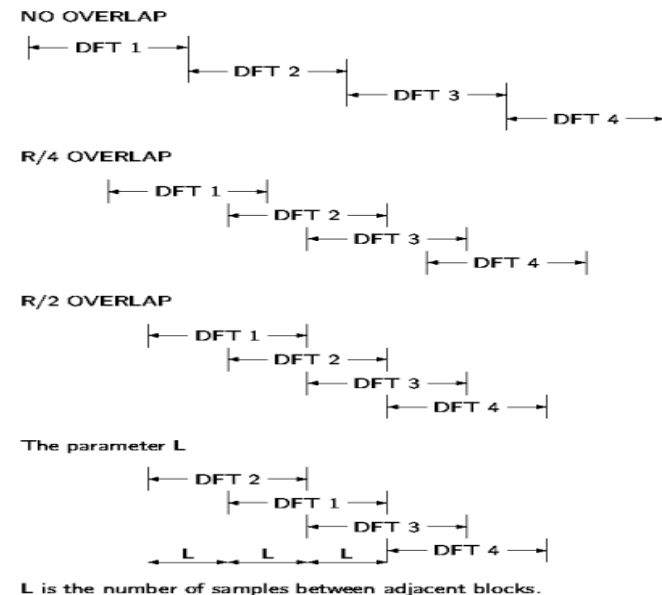
- krátkodobá Fourierova transformace (STFT)
- waveletová transformace
- matching pursuit

# Krátkodobá Fourierova transformace (Short –Time Fourier Transform)

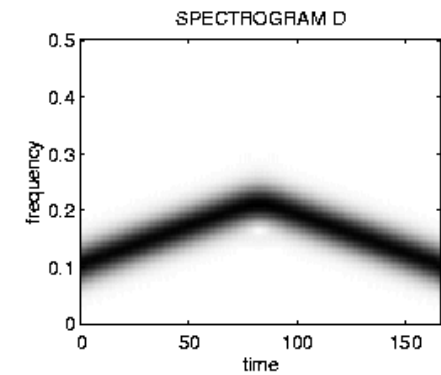
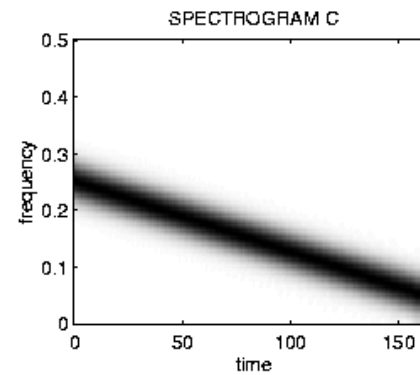
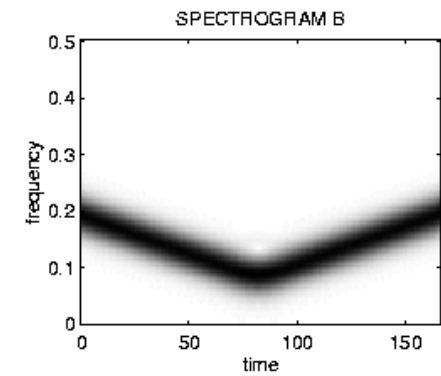
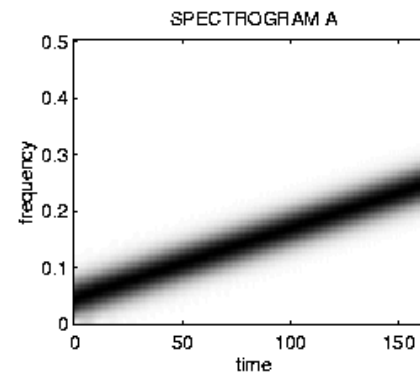
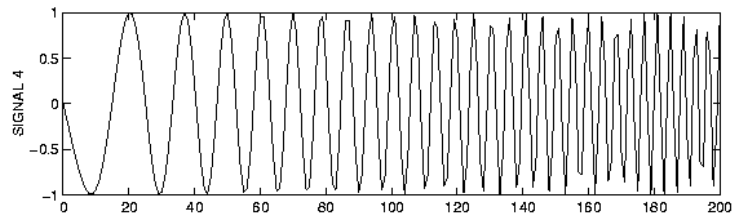
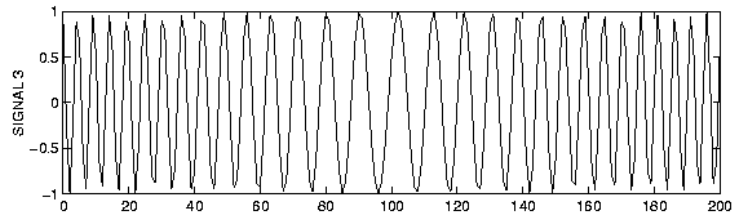
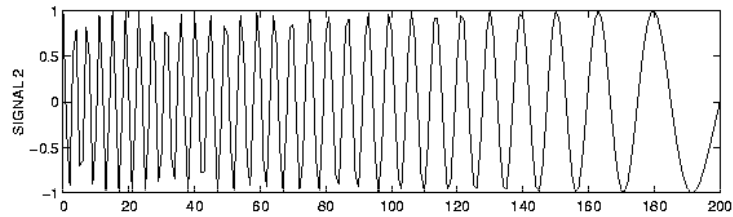
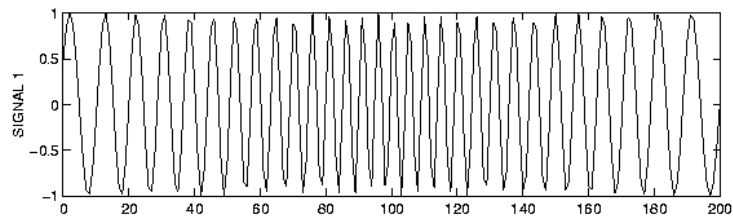
**Princip:** abychom zjistili jak se mění frekvenční obsah signálu v čase, je signál rozdělen na bloky, pro každý blok je určeno spektrum.

- jednotlivé bloky se mohou překrývat
- každý blok je násoben oknem, kvůli vyhlazení
- velikost bloku určuje jak přesné bude rozlišení v čase a frekvenci (delší blok – špatné časové, dobré frekvenční rozlišení a naopak)
- $\text{STFT}(x[n])$  je funkce dvou proměnných – času a frekvence – zobrazením je tzv. spektrogram

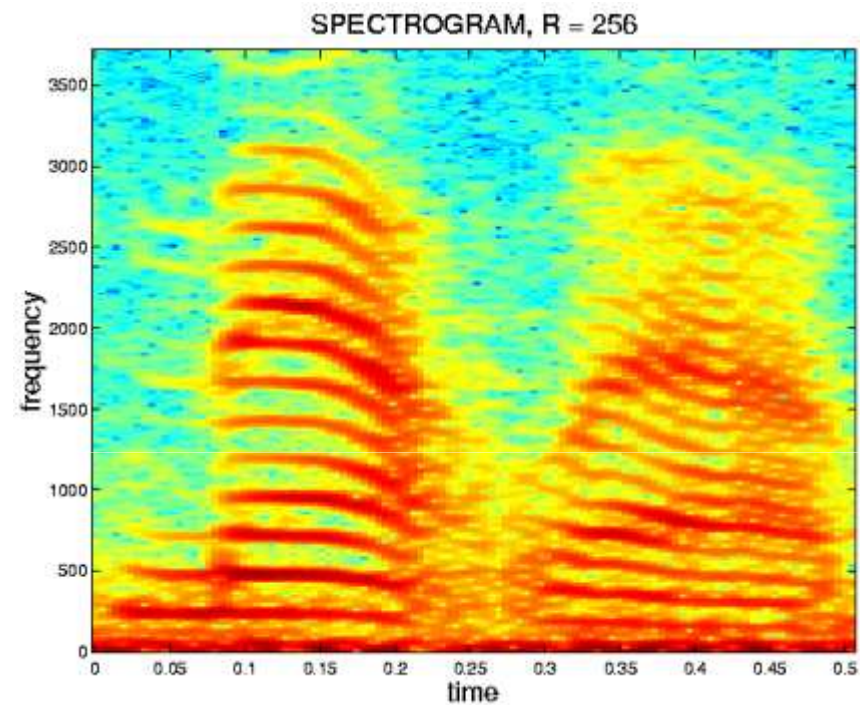
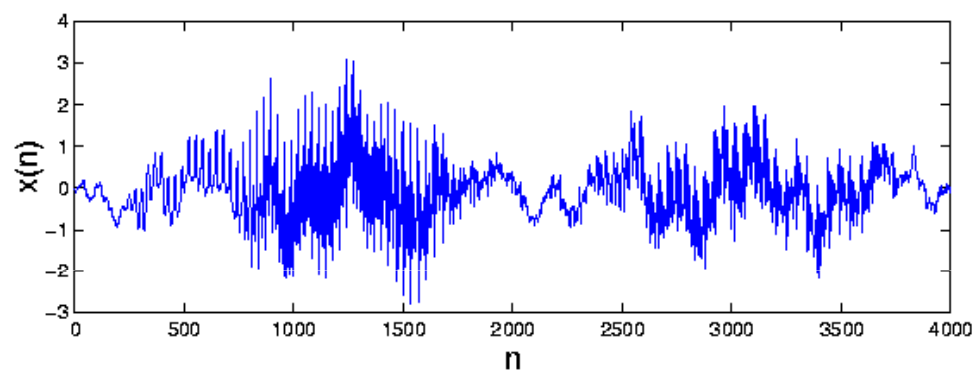
Použití: analýze řečového signálu



Přiřadte jednotlivé spektrogramy signálům 1-4

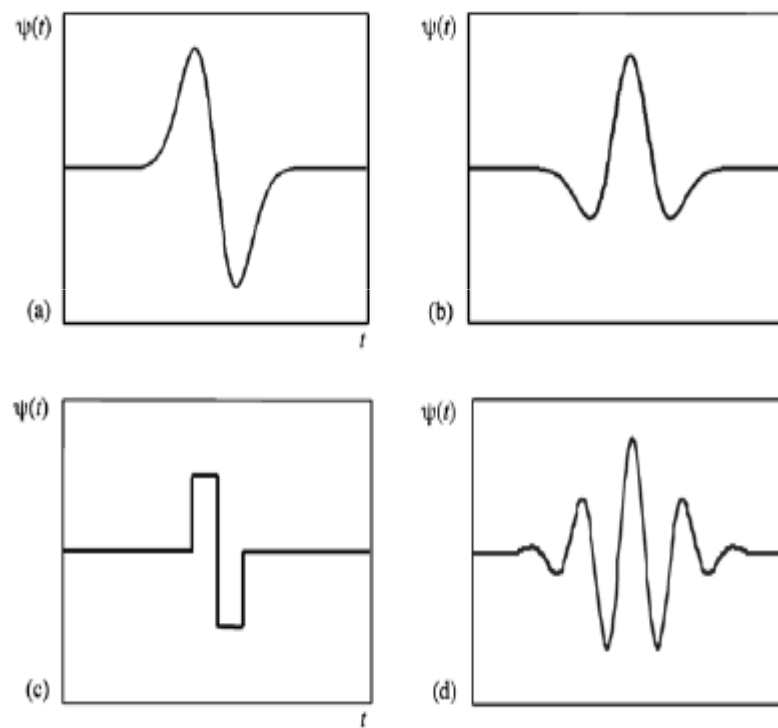


## Další příklad spektrogramu



# Waveletová transformace

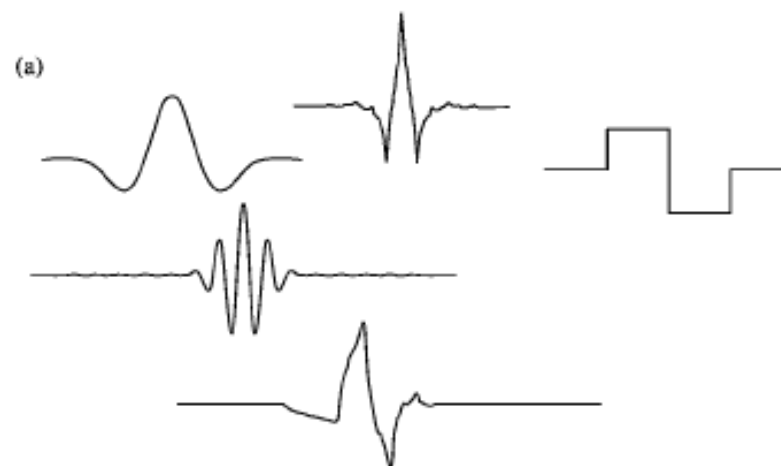
Příklad waveletů:



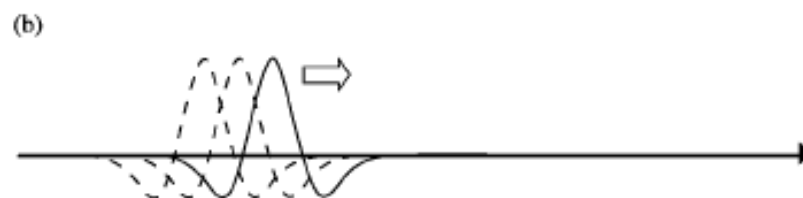
**Figure 2.1. Four wavelets.** (a) Gaussian wave (first derivative of a Gaussian). (b) Mexican hat (second derivative of a Gaussian). (c) Haar. (d) Morlet (real part).

# Wavelety – změna pozice a měřítka

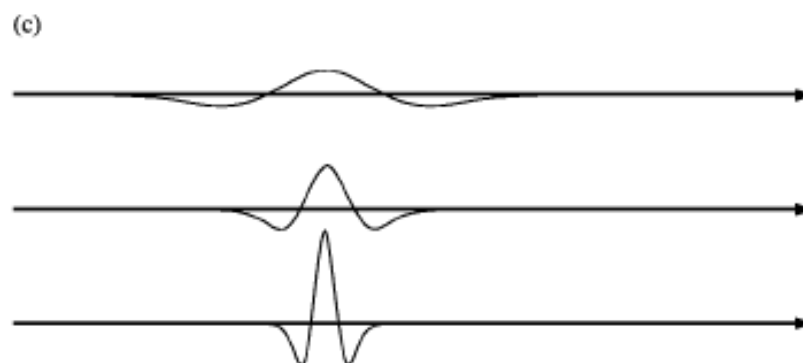
Wavelety



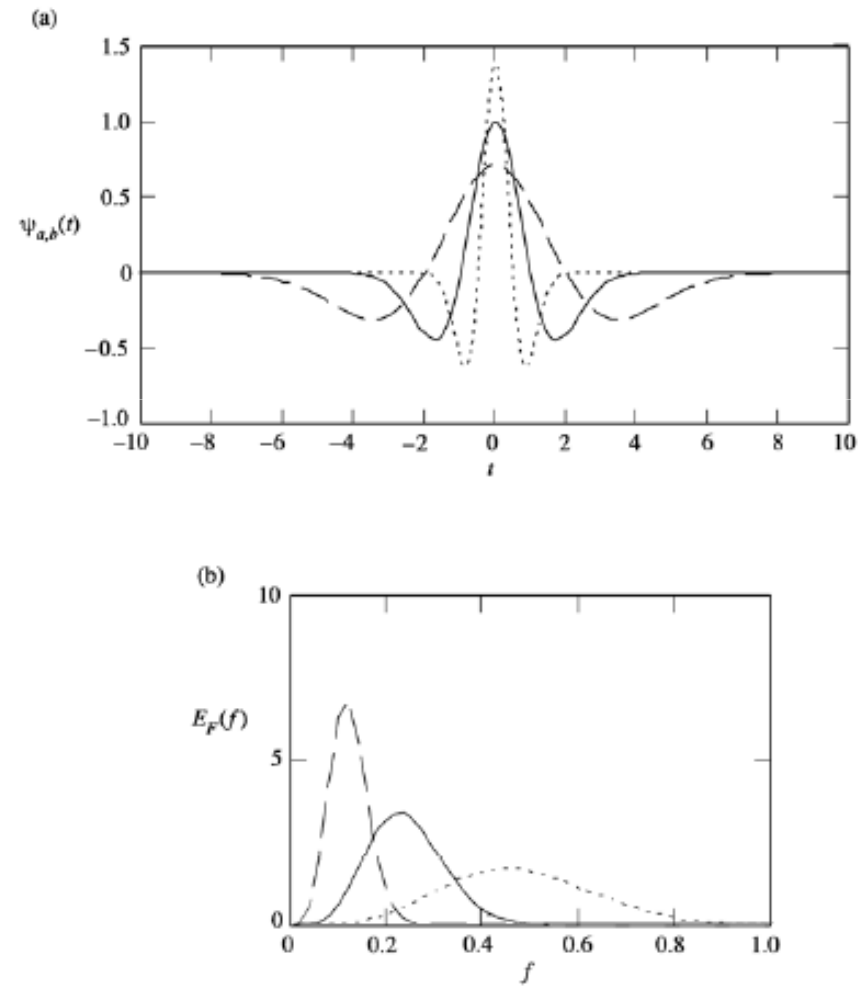
Změna pozice



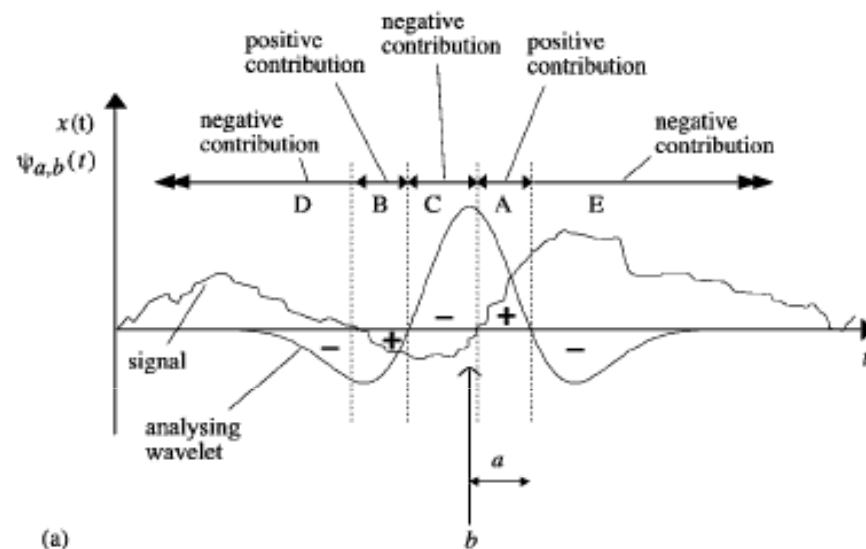
Změna měřítka



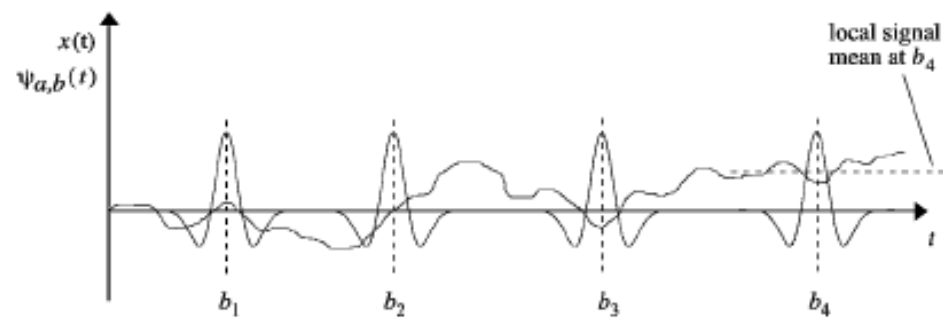
# Wavelet: změna měřítka a vliv na energetické spektrum



# Korelace waveletu a vstupního signálu



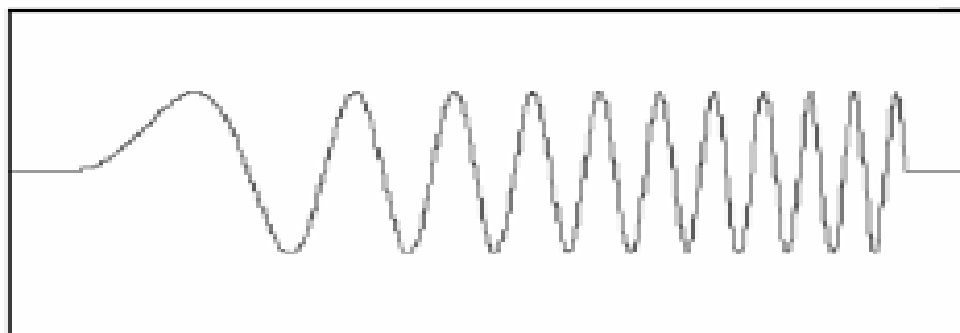
(a)



(b)



## Signál a spojitá waveletová transformace (CWT)



small  $a$   
scales

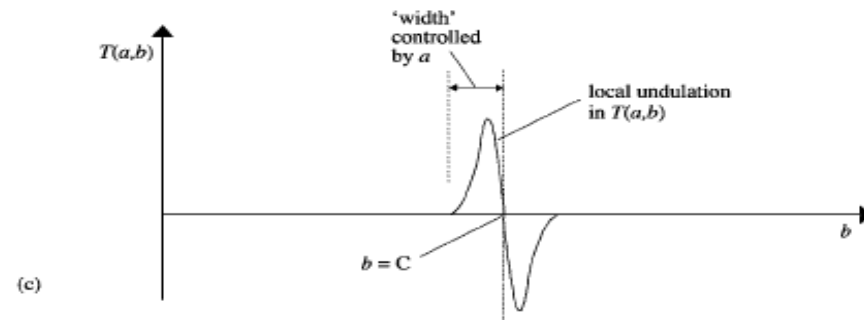
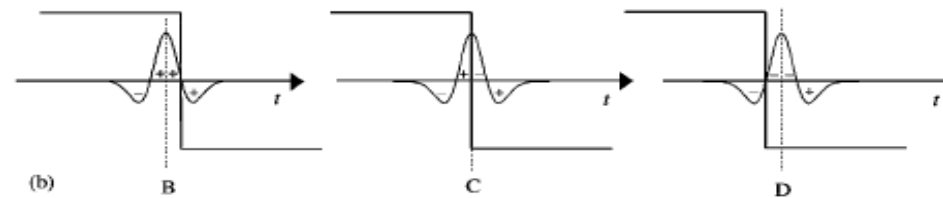
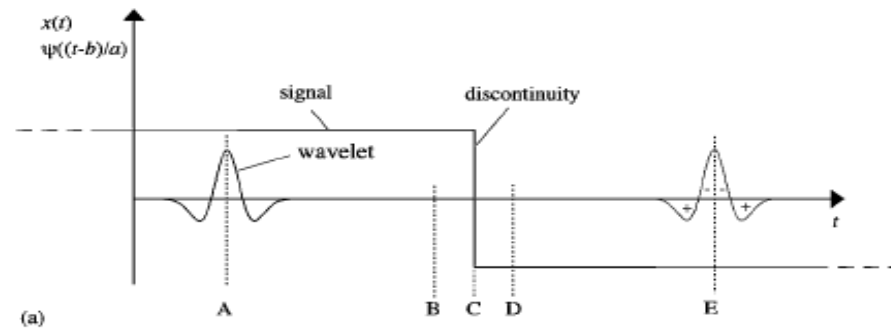
a

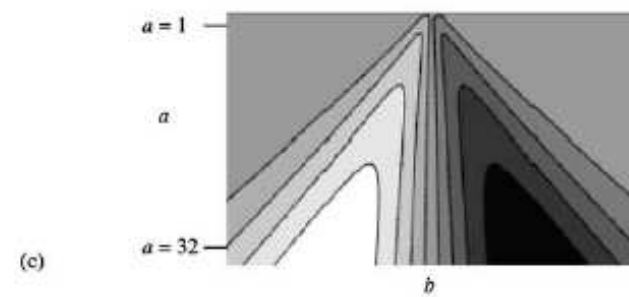
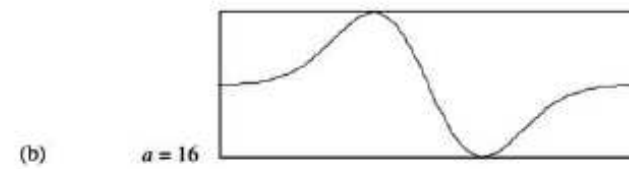
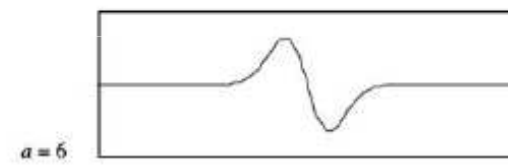
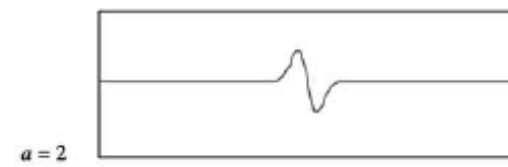
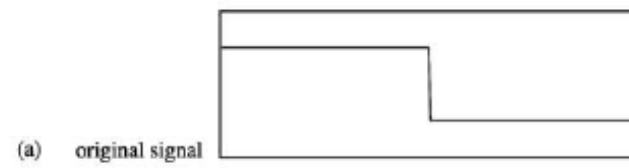
large  $a$   
scales

b



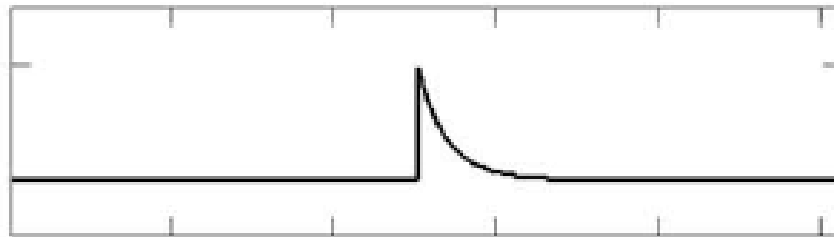
# Obdélníkový signál a CWT



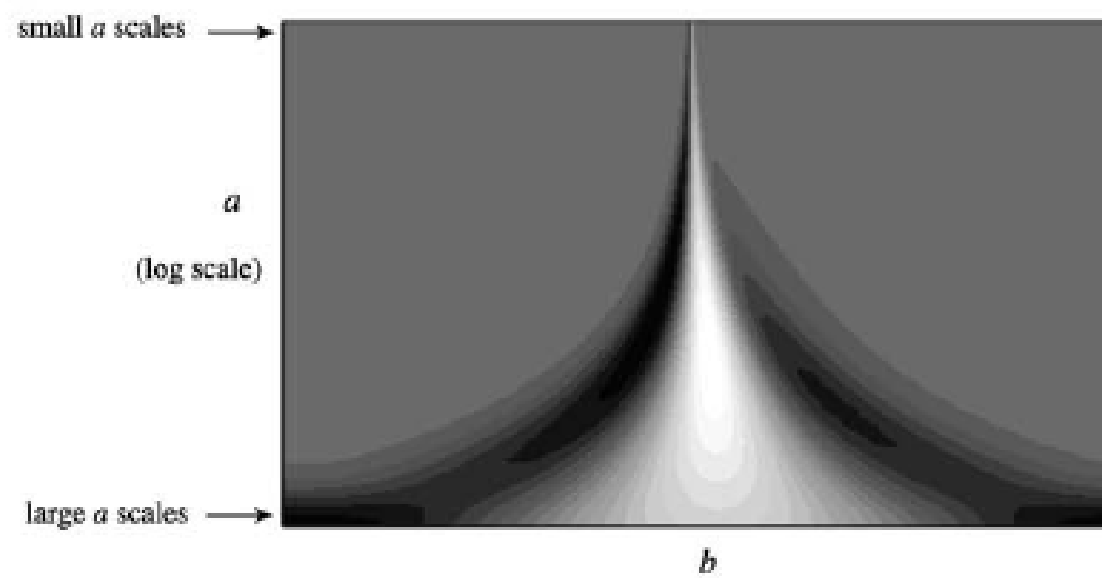


# Příklad: signál a CWT

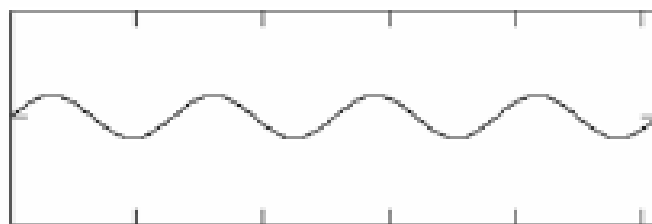
(a)



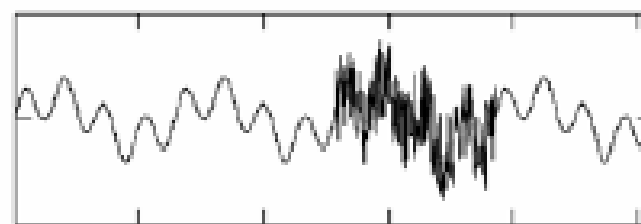
(b)



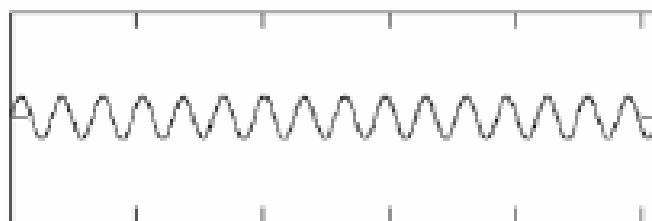
# Kompozice signálů a CWT



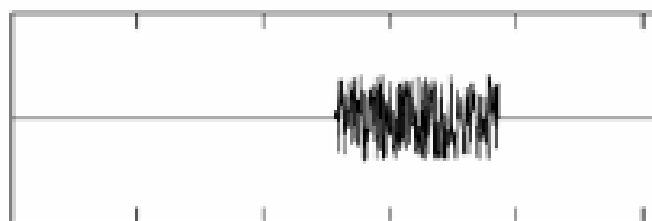
(a)



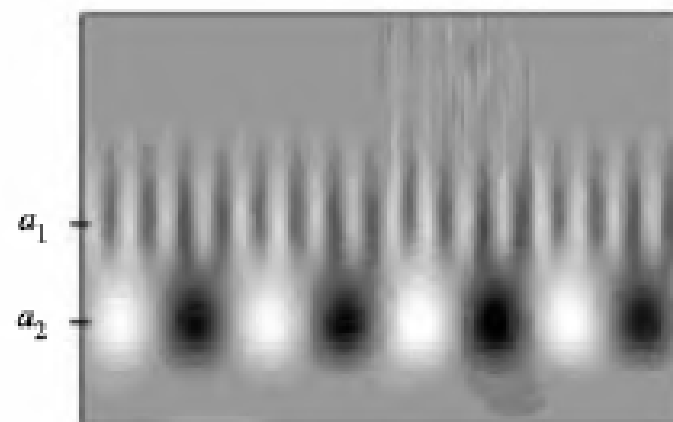
(d)



(b)

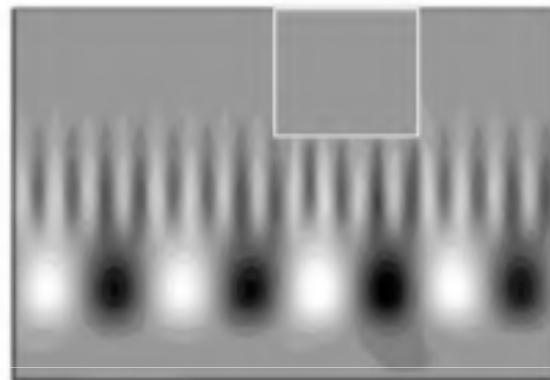


(c)

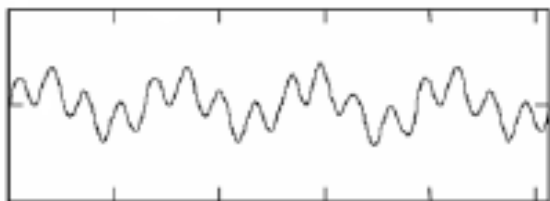


(e)

# Odstranění šumu použitím CWT



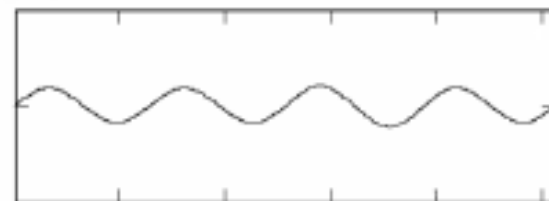
(a)



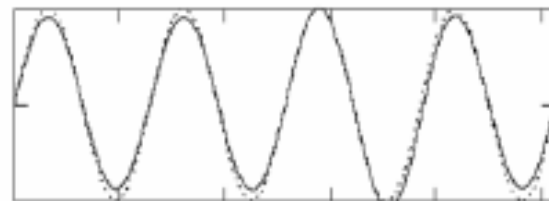
(b)



(c)

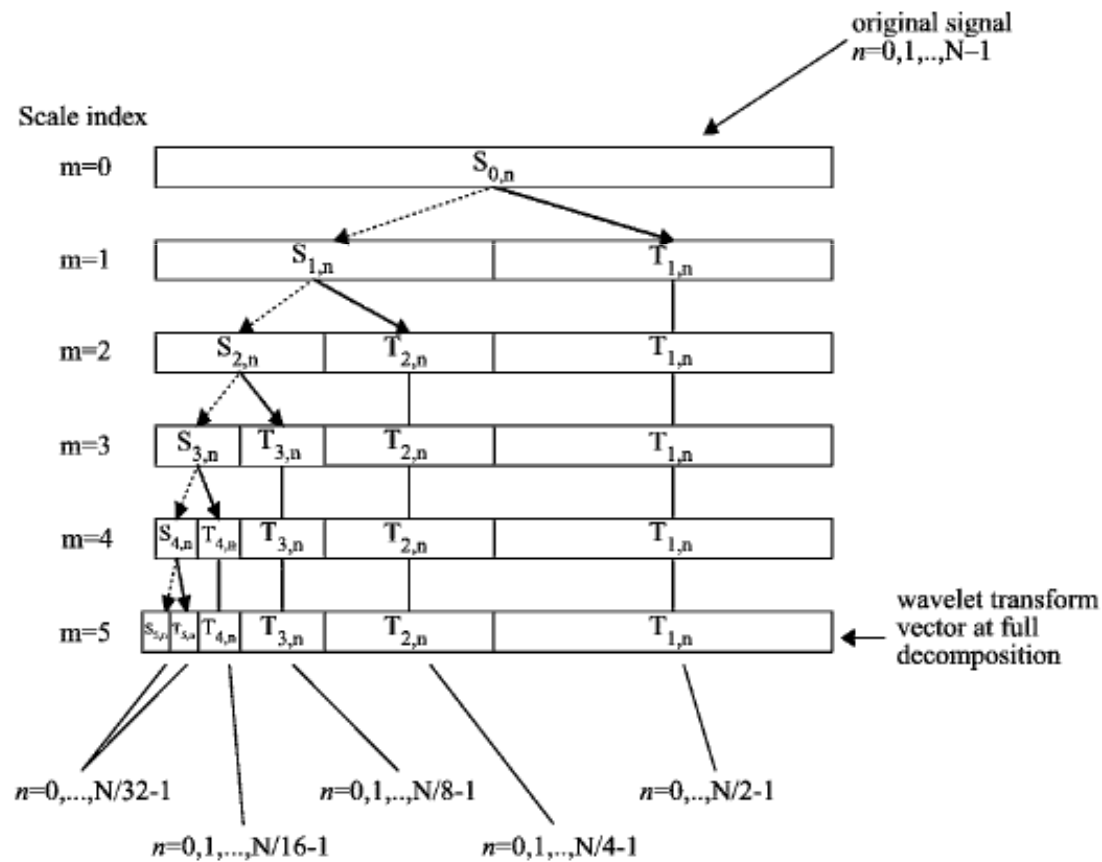
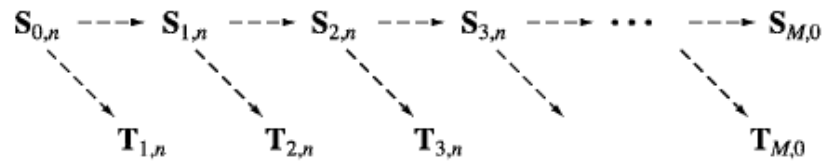


(d)

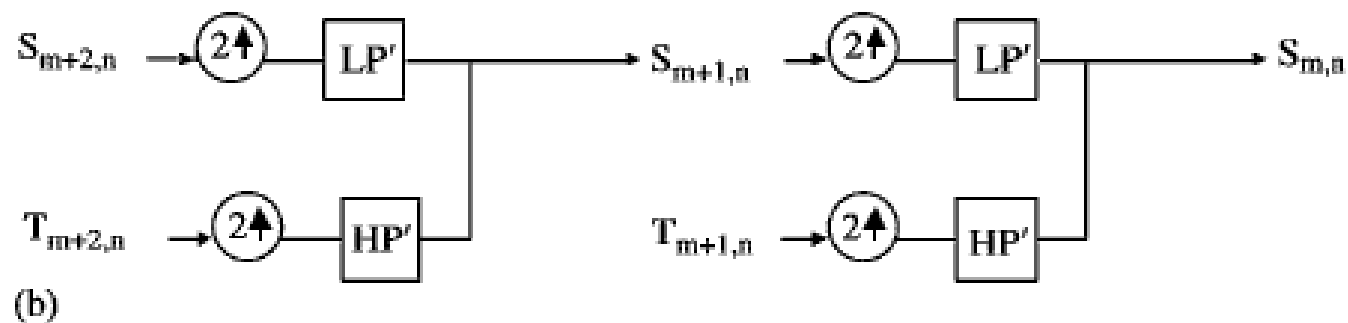
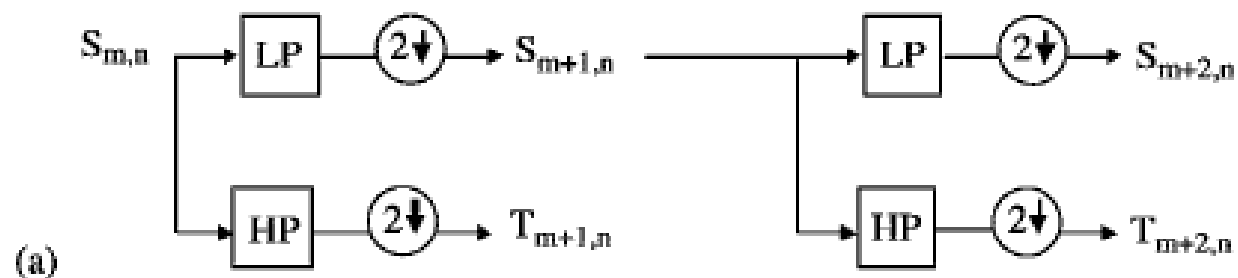


(e)

# DWT – víceúrovňová dekompozice



# FWT – použitím filtrů

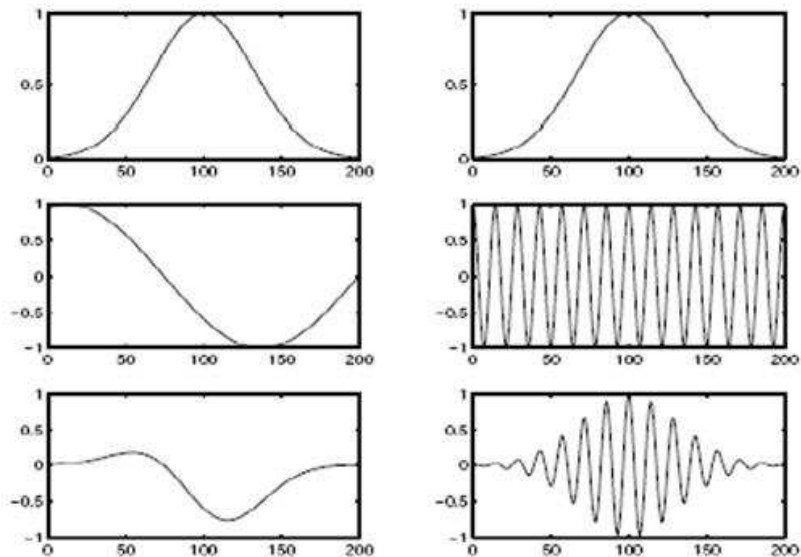




# Matching pursuit

- adaptivní metoda dekompozice signálu
- signál je dekomponován na jednotlivé atomy, které jsou vyhledávány ve slovníku funkcí (často se využívá slovník tzv. Gaborových funkcí)

$$g_{(s,u,v,w)}(t) = g\left(\frac{t-u}{s}\right)\cos(vt + w)$$



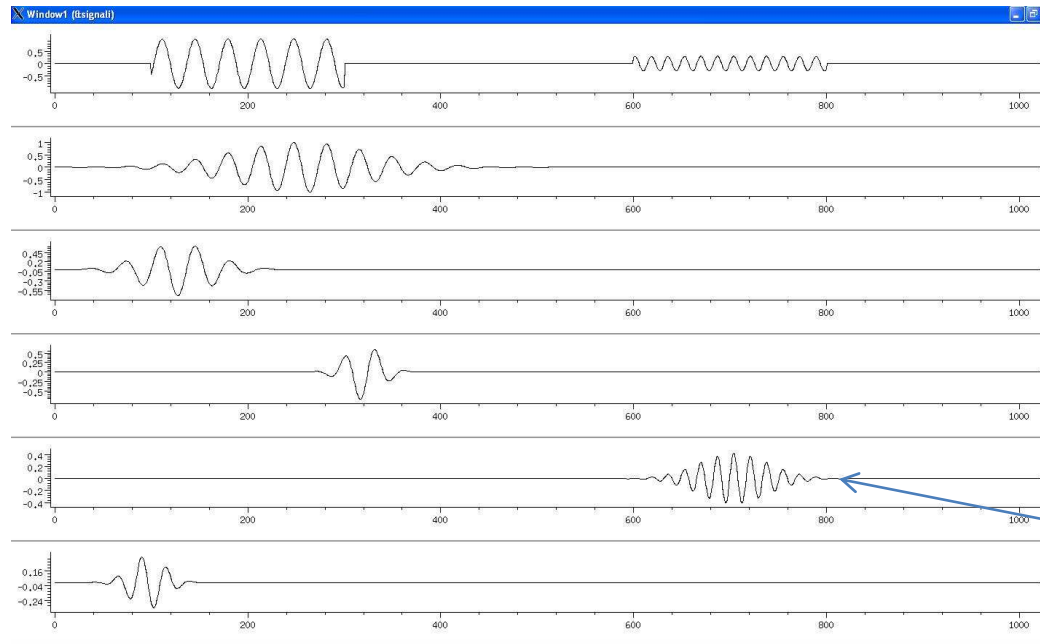
# MP - princip

1. Necht'  $\gamma=(s,u,v,w)$ , a  $f$  je analyzovaný signál. Zvolíme  $\gamma_0$  tak, abychom mazimalizovali hodnotu skalárního součinu  $|\langle f, g_{\gamma_0} \rangle|$ , where  $g_{\gamma}$  je Gaborova funkce ze slovníku D
2. Signál  $f$  můžeme zapsat ve tvaru  $f = \langle f, g_{\gamma_0} \rangle g_{\gamma_0} + Rf$ , kde  $Rf$  je tzv. reziduum (zbytková hodnota funkce).
3. Bod 1 se opakuje na zbytkové funkci  $Rf$ .
4. Po M iteracích dostáváme

$$f = \sum_{k=0}^M \langle R^k f, g_{\gamma_k} \rangle g_{\gamma_k} + R^M f,$$

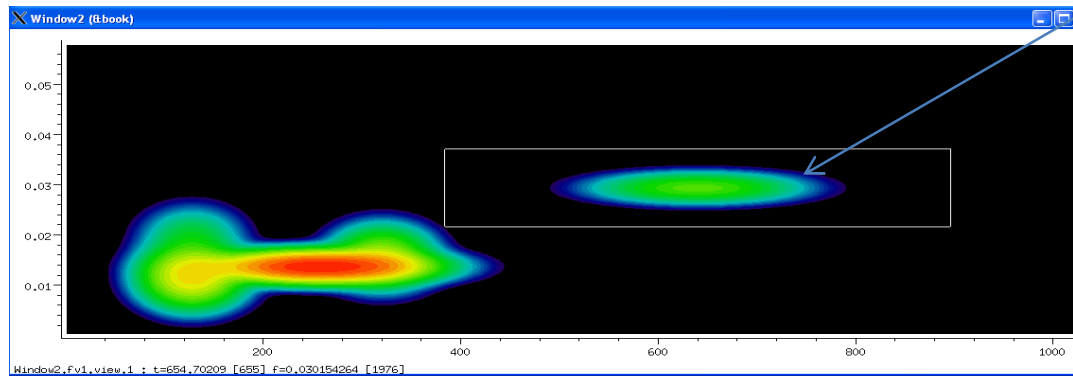
- kde  $R^k f$  je reziduum po  $k$  krocích. Celý proces se ukončuje pokud je hodnota  $|R^M f|^2$  menší než předem zvolený práh.

# Dekompozice signálu

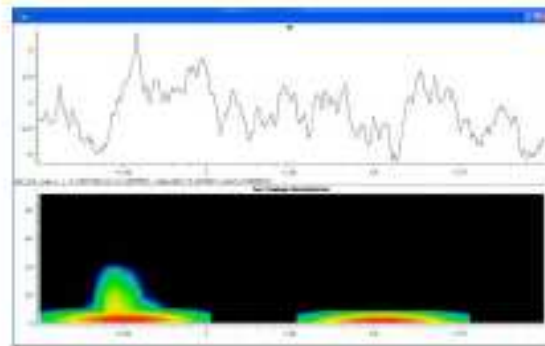


Vstupní signál

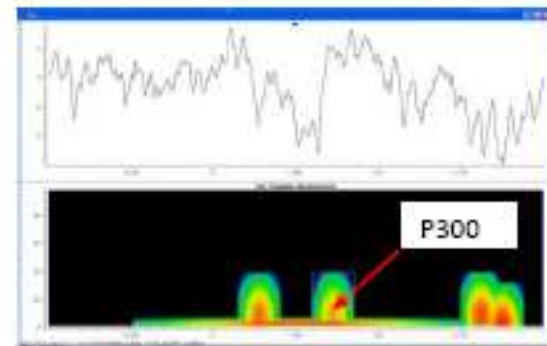
Gaborův atom



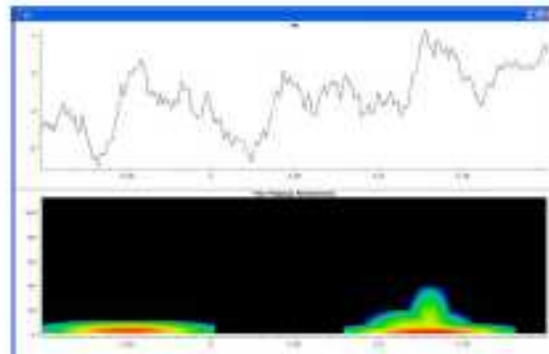
## Aplikace MP: single-trial analýza EEG signálu a detekce ERP komponenty



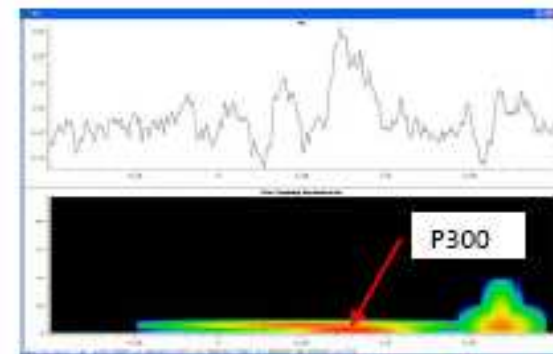
a) non-target stimulus (1 epoch)



b) target stimulus (1 epoch)



a) non-target stimulus (15 epoch)



d) target stimulus (15 epoch)