

Mathematische Grundlagen der digitalen Klanganalyse und -synthese (WS07/08)

Aufgabe 4

| | |
|------------------|--------------------------------|
| Abgabe: | 26. November vor der Vorlesung |
| Besprechung: | 28. November |
| Gesamtpunktzahl: | 15 Punkte |

A - Design einer Filterbank (6 Punkte)

Erstellen Sie eine Bank von mindestens acht (und maximal 24) aufeinander abgestimmten Bandpassfiltern mit den folgenden Eigenschaften:

- Alle Filter besitzen die gleiche Güte $Q_k = f_k/B_k$ und den gleichen Verstärkungsfaktor $A_k = 1$ im Passband
- Die Filterfrequenzen f_k und Bandbreiten B_k sind so zu wählen, dass ein Großteil des Audiobereich lückenlos abgedeckt wird (z.B. von 100Hz bis 8kHz) – optional darf das letzte Filter als Hochpass realisiert werden
- Benachbarte Filterkanäle sollen sich möglichst wenig überlappen

Zeigen Sie in einer Grafik alle Frequenzgänge und kontrollieren Sie, wie gut die drei geforderten Eigenschaften erfüllt sind. Schicken Sie ein geeignetes Audiosignal durch die Filterbank und beurteilen Sie die Kanaltrennung per Hörprobe. Summieren Sie die Filterausgänge und vergleichen Sie das Summensignal mit dem Eingangssignal. Sind Unterschiede zu hören und falls ja, welcher Art (je weniger Unterschiede, desto besser ist das Design der Filterbank gelungen)?

B - Pseudostereo (3 Punkte)

Generieren Sie ein Stereosignal, indem Sie die Ausgangssignale der Filterbank für den linken und rechten Ausgangskanal unterschiedlich aufsummieren (z.B. alle geradzahigen Kanäle nach links, alle ungeradzahigen nach rechts). Beurteilen Sie das Resultat!

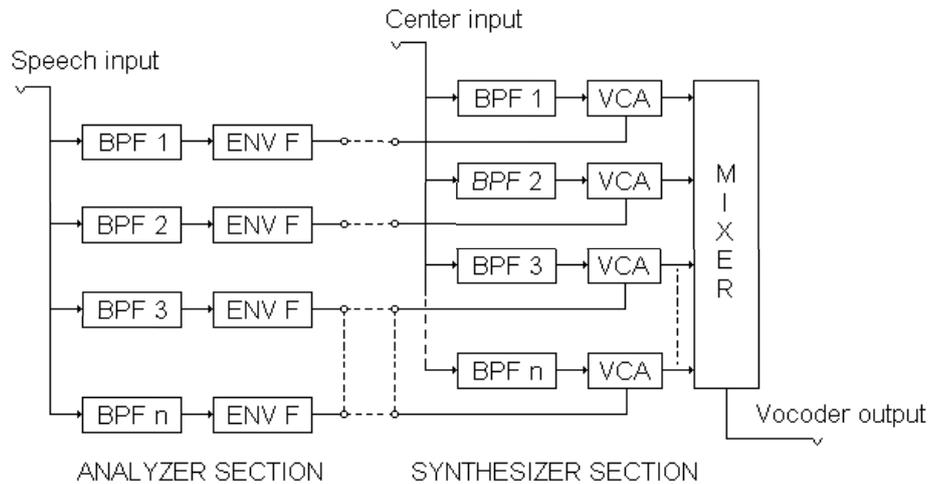
Lässt sich das Stereosignal derart bilden, dass exakt wieder das Eingangssignal herauskommt, wenn man den linken und rechten Kanal addiert (sogenannte Monokompatibilität)? Erstellen Sie eine 30-sekündige Audiodatei, in der Sie langsam von Mono nach Stereo und wieder zurück überblenden.

C - Vocoder (6 Punkte)

Bauen Sie einen Vocoder gemäß dem Blockschaltbild auf der nächsten Seite. Hierbei kommt die in Aufgabenteil A designte und getestete Filterbank an zwei Stellen zum Einsatz (siehe jeweils *BPF 1* bis *BPF n*).

Zur zuverlässigen Detektion des Amplitudenverlaufs (auch Hüllkurve genannt, auf Englisch: envelope follower, siehe *ENV F*) verwenden Sie die in der Übungsgruppe besprochene Abbildung $y_n := \max\{|x_n|, \beta y_{n-1}\}$. Stellen Sie β so ein, dass die Hüllkurven einerseits keine Audioanteile mehr erkennen lassen, aber andererseits auch nicht zu langsam abklingen. Begründen Sie mit Hilfe der Erkenntnis aus Aufgabe 3C, warum bei einem Vocoder Audioanteile in den Hüllkurven schlecht wären.

Als *VCA* (voltage controlled amplifier, spannungsgesteuerter Verstärker in der analogen Schaltungstechnik) können Sie in der digitalen Implementierung eine einfache Multiplikation einsetzen. Der Mixer summiert alle Signale auf.



Verwenden Sie als Modulationssignal (modulation signal, siehe *Speech input*) ein einfaches Sprach- oder Gesangssignal (z.B. die eigene Stimme oder die gefilterte Madonna aus Aufgabe 1). Als Trägersignal (carrier signal, siehe *Center input*) sollten Sie verschiedene durchgehende Signale ausprobieren, unter anderem weißes Rauschen $x_n := 2 * random() - 1$ sowie eine Impulsfolge geeigneter Frequenz (z.B. 200-300Hz).

Erläutern Sie die Funktionsweise des Vocoder anhand des Blockschaltbildes und unter Zuhilfenahme der generierten Audiodateien! Können Sie erklären warum die vorliegende Schaltung als Vocoder (Kunstwort aus *voice encoder/decoder*) bezeichnet wird?

Interessante Effekte lassen sich übrigens erzielen, wenn Sie die im Blockschaltbild gestrichelt gezeichneten Verbindungen (von *ENV F* zu *VCA*) in einer anderen Weise verschalten, beispielsweise um einen Kanal versetzt. Es lohnt sich auch Flächensounds mit reichem Spektrum als Trägersignal einzusetzen, z.B. mehrstimmige Streicherklänge.