

[19] 中华人民共和国国家知识产权局



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200810149067.6

[51] Int. Cl.

H04H 20/31 (2008.01)
H04H 60/37 (2008.01)
H04H 60/40 (2008.01)
H04H 60/44 (2008.01)
H04H 60/45 (2008.01)
H04H 60/58 (2008.01)

[43] 公开日 2009年5月6日

[11] 公开号 CN 101425858A

[22] 申请日 1995.3.27

[21] 申请号 200810149067.6

分案原申请号 95193182.2

[30] 优先权

[32] 1994.3.31 [33] US [31] 08/221019

[32] 1995.3.24 [33] US [31] 08/408010

[71] 申请人 塞里迪安公司阿比特龙分公司

地址 美国马利兰州

[72] 发明人 J·M·詹森 W·D·林奇

M·M·佩雷特恩

R·B·格雷比尔 S·哈桑

W·沙宾

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司
代理人 王丹昕

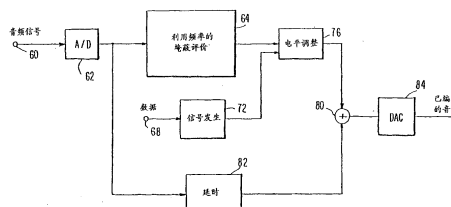
权利要求书 8 页 说明书 40 页 附图 23 页

[54] 发明名称

用来把码包括到音频信号中并且解码的设备和
方法

[57] 摘要

提供了用来把至少具有一个码频分量的码(68)、包括到音频信号(66)中的设备和方法。评价在音频信号中各频率分量对于人的听觉掩蔽码频分量的能力(64)，并且，基于这些评价把一个幅度(76)分配给码频分量。还提供了用来在已编码音频信号中检出码的方法和设备。基于在包括码分量频率的音频频率范围内、预测的码幅度或噪声幅度，检出在已编码音频信号中的码频分量。



1. 一种用于对已编码音频信号中的码进行解码的设备，该已编码音频信号具有多个频率分量，这些频率分量包括多个音频频率信号分量和至少一个码频分量，该码频分量具有预定的音频频率和预定的幅度，以便把该至少一个码频分量与多个音频频率的信号分量区别开来，其特征在于，包括：

用来在包括该至少一个码频分量的预定音频频率的音频频率的第一范围内，确定该已编码音频信号中频率分量幅度的装置；

用来根据所述音频信号的在频率范围为高于和低于音频频率的所述第一范围的窗口内的各个不同的频率范围的幅度，对音频频率的所述第一范围建立噪声幅度的装置，其中所述用于建立噪声幅度的装置包括用于计算所述音频信号的属于处于所述窗口内的所述各个不同的频率范围的频率的平均能量的装置，以及包括用于引入和合并所述窗口内的能量级低于所述平均能量的分量的装置；以及

用来基于由此建立的噪声幅度和在其中确定的频率分量的幅度，对音频频率的所述第一范围内的所述至少一个码频分量进行解码的装置。

2. 如权利要求 1 所述的设备，其特征在于，用于对至少一个频率分量进行解码的装置用来将频率的所述第一范围内的频率分量的幅度与噪声幅度进行比较。

3. 如权利要求 2 所述的设备，其特征在于，所述用于对至少一个频率分量进行解码的装置用来形成音频频率的所述第一范围内的频率分量对噪声幅度的信噪比。

4. 如权利要求 3 所述的设备，其特征在于，所述用于对至少一个频率分量进行解码的装置用来将所述信噪比与预定值进行比较。

5. 如权利要求 1 所述的设备, 其特征在于, 所述用于建立噪声幅度的装置用来基于所述音频信号在所述预定音频频率的频率邻区内的频率分量建立所述噪声幅度。

6. 如权利要求 5 所述的设备, 其特征在于, 所述用于建立噪声幅度的装置用于仅利用所述频率邻区内幅度小于噪声分量门限的那些频率分量来建立所述噪声幅度。

7. 如权利要求 6 所述的设备, 其特征在于, 所述用于建立噪声幅度的装置用于基于所述频率邻区内幅度小于所述噪声幅度门限的频率分量的组合来建立所述噪声幅度。

8. 如权利要求 7 所述的设备, 其特征在于, 所述用于建立噪声幅度的装置用于基于所述频率邻区内的频率分量的平均来建立噪声分量门限。

9. 如权利要求 5 所述的设备, 其特征在于, 所述用于建立噪声幅度的装置用于基于所述频率邻区内频率分量的组合来建立所述噪声幅度。

10. 如权利要求 1 所述的设备, 其特征在于, 所述设备包括用于将所述音频信号分成多个频率范围的装置, 所述多个频率范围包括音频频率的所述第一范围和该音频频率的所述第一范围的频率邻区内的多个其它频率范围, 以及包括用于基于所述其它频率范围内的分量建立所述噪声幅度的装置。

11. 如权利要求 10 所述的设备, 其特征在于, 所述多个其它频率范围中的至少一些频率范围包括高于音频频率的所述第一范围的频率, 而所述多个其它频率范围中的至少一些频率范围包括低于音频频率的所述第一范围的频率。

12. 如权利要求 11 所述的设备, 其特征在于, 用于将所述音频信号分成多个频率范围的所述装置用于采用傅立叶变换形成所述多个音频频率范围, 使得所述多个音频频率范围包括从 $(j-w)$ 到 $(j+w)$

的频率仓，其中 j 是音频频率的所述第一范围的频率仓编号，而 w 是涵盖音频频率的所述第一范围的窗口范围。

13. 一种收集用于产生广泛传播的信息的听众评价的数据的设备，其包括如权利要求 1 所述的设备和用于接收所述广泛传播的信息的音频信号的输入端，所述音频信号中具有已编码的听众测量消息，如权利要求 1 所述的设备与所述输入端耦合，以接收所述音频信号并可用于对所述音频信号中的所述听众测量消息进行解码。

14. 如权利要求 13 所述的设备，其特征在于，所述输入端包括麦克风。

15. 如权利要求 13 所述的设备，其特征在于，所述输入端和如权利要求 1 所述的设备被包括在可在听众成员的身上携带的个人监视装置中。

16. 如权利要求 15 所述的设备，其特征在于，所述输入端包括麦克风。

17. 如权利要求 13 所述的设备，其特征在于，所述设备包括含所述输入端和如权利要求 1 所述设备的静止监视装置。

18. 如权利要求 13 所述的设备，其特征在于，所述听众测量消息包括由多个码频分量构成的消息符号，并且如权利要求 1 所述的设备用于通过对所述多个码频分量中的至少一些码频分量进行解码并对该已解码的码频分量进行评估来对该消息符号进行解码。

19. 如权利要求 18 所述的设备，其特征在于，所述消息符号的多个码频分量中的每个码频分量是具有不同于所有其它码频分量的固定频率的音调。

20. 如权利要求 13 所述的设备，其特征在于，所述听众测量消息包括在所述音频信号中顺序排列的多个消息符号，每个所述消息符号包括多个码频分量，其中，如权利要求 1 所述的设备用于对所述多个码频分量中的至少一些码频分量进行解码。

21. 如权利要求 20 所述的设备, 其特征在于, 所述多个消息符号的所述多个码频分量中的每个码频分量是具有不同于所有其它码频分量的固定频率的音调。

22. 如权利要求 13 所述的设备, 其特征在于, 所述听众测量消息包括多个消息符号, 每个消息符号具有多个码频分量, 以致所述消息符号之一的至少一些码频分量与所述消息符号中的另一个消息符号的至少一些码频分量同时存在于所述音频信号中, 其中, 如权利要求 1 所述的设备用于对所述至少一些码频分量进行解码。

23. 一种用来对已编码音频信号中的码进行解码的方法, 该已编码音频信号具有多个频率分量, 这些频率分量包括多个音频频率信号分量和至少一个码频分量, 该码频分量具有预定的音频频率和预定的幅度, 以便把该至少一个码频分量与多个音频频率的信号分量区别开来, 其特征在于, 包括下列步骤:

在包括该至少一个码频分量的预定音频频率的音频频率的第一范围内, 确定该已编码音频信号中频率分量的幅度;

根据所述音频信号的在频率范围为高于和低于音频频率的所述第一范围的窗口内的各个不同的频率范围的幅度, 对音频频率的所述第一范围建立噪声幅度, 其中建立噪声幅度包括计算所述音频信号的属于处于所述窗口内的所述各个不同的频率范围的频率的平均能量以及引入和合并所述窗口内的能量级低于所述平均能量的分量; 以及

基于由此建立的噪声幅度和在其中确定的频率分量的幅度, 对音频频率的所述第一范围内的所述至少一个码频分量进行解码。

24. 如权利要求 23 所述的方法, 其特征在于, 对所述至少一个码频分量进行解码包括将频率的所述第一范围内的频率分量的幅度与噪声幅度进行比较。

25. 如权利要求 24 所述的方法, 其特征在于, 将音频频率的所述第一范围内的频率分量的幅度与噪声幅度进行比较包括形成该音频频率所述第一范围内频率分量对噪声幅度的信噪比。

26. 如权利要求 25 所述的方法, 其特征在于, 对所述至少一个码频分量进行解码包括将所述信噪比与预定值进行比较。

27. 如权利要求 23 所述的方法, 其特征在于, 所述方法包括基于预定音频频率的频率邻区中音频信号的频率分量来建立噪声幅度。

28. 如权利要求 27 所述的方法, 其特征在于, 所述方法包括仅使用所述频率邻区内幅度小于噪声分量门限的那些频率分量。

29. 如权利要求 28 所述的方法, 其特征在于, 所述方法包括基于所述频率邻区内幅度小于所述噪声分量门限的频率分量的组合来建立噪声幅度。

30. 如权利要求 29 所述的方法, 其特征在于, 所述方法包括基于所述频率邻区内频率分量的平均来建立所述噪声分量门限。

31. 如权利要求 27 所述的方法, 其特征在于, 所述方法包括基于所述频率邻区内频率分量的组合来建立噪声幅度。

32. 如权利要求 23 所述的方法, 其特征在于, 所述方法包括将所述音频信号分成多个频率范围, 所述多个频率范围包括音频频率的所述第一范围和在该音频频率的所述第一范围的频率邻区内的多个其它频率范围; 以及基于所述其它频率范围内的分量建立噪声幅度。

33. 如权利要求 32 所述的方法, 其特征在于, 所述多个其它频率范围中的至少一些频率范围包括高于音频频率的所述第一范围的频率, 而所述多个其它频率范围中的至少一些频率范围包括低于音频频率的所述第一范围的频率。

34. 如权利要求 33 所述的方法, 其特征在于, 所述方法包括采用傅立叶变换形成所述多个音频频率范围, 并且所述多个音频频率范围包括从 $(j-w)$ 到 $(j+w)$ 的频率仓, 其中 j 是音频频率的所述第一范围上的频率仓编号, 而 w 是涵盖音频频率的所述第一范围的窗口范围。

35. 一种收集用于产生广泛传播的信息的听众评价的数据的方法，包括按照权利要求 23 所述的方法对所述广泛传播的信息的音频信号中的已编码听众测量消息进行解码。

36. 如权利要求 35 所述的方法，其特征在于，所述广泛传播的信息包括无线电广播。

37. 如权利要求 35 所述的方法，其特征在于，所述广泛传播的信息包括电视广播。

38. 如权利要求 35 所述的方法，其特征在于，所述方法包括使用麦克风接收所述音频信号。

39. 如权利要求 35 所述的方法，其特征在于，所述方法包括在听众成员身上携带的个人监视装置中接收所述音频信号。

40. 如权利要求 39 所述的方法，其特征在于，所述方法包括使用所述个人监视装置的麦克风接收所述音频信号。

41. 如权利要求 40 所述的方法，其特征在于，所述方法包括按照权利要求 23 所述的方法在所述个人监视装置内对所述编码消息进行解码。

42. 如权利要求 35 所述的方法，其特征在于，所述方法包括在静止监视装置中接收所述音频信号。

43. 如权利要求 35 所述的方法，其特征在于，所述方法包括通过按照如权利要求 23 所述方法对构成所述编码消息的多个码频分量中的至少一些码频分量进行解码，并且对所述解码的码频分量进行评估以对所述编码消息的消息符号进行解码，从而对该消息符号进行解码。

44. 如权利要求 43 所述的方法，其特征在于，所述消息符号的所述多个码频分量中的每个码频分量是具有不同于所有其它码频分量的固定频率的音调。

45. 如权利要求 35 所述的方法，其特征在于，所述方法包括接收所述音频信号中顺序排列的多个消息符号，每个所述消息符号包括

多个码频分量，按照权利要求 23 所述的方法对所述多个码频分量中的至少一些码频分量进行解码，以及对已解码的码频分量进行评估以对所述消息符号进行解码。

46. 如权利要求 45 所述的方法，其特征在于，多个所述消息符号的多个码频分量中的每个码频分量是具有不同于所有其它码频分量的固定频率的音调。

47. 如权利要求 35 所述的方法，其特征在于，所述方法包括：接收多个消息符号，每个消息符号包括多个码频分量，以致所述消息符号之一的至少一些码频分量与另一个消息符号的至少一些码频分量同时存在于所述音频信号中；采用如权利要求 23 所述的方法对所述多个码频分量中的至少一些码频分量进行解码；以及对已解码的码频分量进行评估以对所述消息符号进行解码。

48. 一种用来对已编码音频信号中的码进行解码的数字计算机，该已编码音频信号具有多个频率分量，这些频率分量包括多个音频频率信号分量和至少一个码频分量，该码频分量具有预定的音频频率和预定的幅度，以便把该至少一个码频分量与多个音频频率的信号分量区别开来，其特征在于，包括：用来接收该已编码音频信号的输入端；处理器，与输入端耦合起来、以接收已编码音频信号，并且，该处理器被程序设计用来在包括该至少一个码频分量的预定音频频率的音频频率的第一范围内确定该已编码音频信号中频率分量的幅度；该处理器被进一步编程，以便根据所述音频信号的在频率范围为高于和低于音频频率的所述第一范围的窗口内的各个不同的频率范围的幅度，对音频频率的所述第一范围建立噪声幅度，其中建立噪声幅度包括计算所述音频信号的属于处于所述窗口内的所述各个不同的频率范围的频率的平均能量以及引入和合并所述窗口内的能量级低于所述平均能量的分量；并且，基于由此建立的噪声幅度和在其中确定的频率分量的幅度，对在音频频率的所述第一范围内的所述至少一个码频分量进行解码；该处理器可基于对该至少一个码频分量的解码产生码输出信号；以及与该处理器耦合起来、提供码信号的输出端。

49. 一种包括如权利要求 48 所述的数字计算机、用于收集用于产生广泛传播的信息的听众评价的数据的设备，其中，所述输入端耦合成接收所述广泛传播信息的音频信号，所述音频信号其中具有编码的听众测量消息，并且所述数字计算机可对该听众测量消息进行解码。

50. 如权利要求 49 所述的设备，其特征在于，所述设备包括可在听众成员身上携带的个人监视装置，该个人监视装置包括如权利要求 48 所述的数字计算机。

51. 如权利要求 50 所述的设备，其特征在于，所述输入端包括麦克风。

52. 如权利要求 49 所述的设备，其特征在于，所述设备包括含如权利要求 48 所述的数字计算机的静止监视装置。

用来把码包括到音频信号中并且解码的设备和方法

本申请是申请日为1995年3月27日，申请号为95193182.2，发明名称为“用来把码包括到音频信号中并且解码的设备和方法”的中国专利申请的分案申请。

发明的领域

本发明涉及用来把码包括到音频信号中、并且解译出这种码的设备和方法。

发明的背景

多年来，已经提出了一些技术，用来把码与音频信号混合起来使得（1）能够可靠地把码从音频信号中再生出来、同时，（2）当作为声音再生音频信号时，听不见码。对于实际应用来说，实现这两个目的是基本的。例如，广播工作者、广播节目制作者、以及为公共分配记录音乐的人，将不允许在其节目和记录中，包括听得见的码。

已多次提出用来编码音频信号的技术，至少可追溯到1961年10月10日、颁发给Hembrooke的美国专利No. 3004104。在Hembrooke示出的编码方法中，为了对信号进行编码，有选择地把某一窄频带内音频信号的能量去掉。当噪声或信号失真把能量再引入该窄频带内、以致把码遮蔽时，这种技术便出现了问题。

在另一种方法中，颁发给Crosby的美国专利No. 3845391提出，从音频信号中消除某一窄频带，把码插入到该窄频带中。显然，这种技术遇到与Hembrooke同样的问题，正如在颁发给Howard的美国专利No. 4703476中所详述的那样，Howard专利指出，它与Crosby共同受让。然而，Howard专利只考虑到改进Crosby的方法，并未脱离其基本途径。

已经提出，通过把二进制码扩展到整个音频频段的频率范围内、对二进制信号进行编码。所提出这个方法的问题在于，当不存在掩蔽码频的音频信号分量时，那么码频就可能变成听得见的了。因此，这种方法依靠要求码的噪声之类的字符，以假定听众将忽略码的存在。然而，在很多情况下，这种假定可能是无效的，例如，在包括一些音频信号含量相当小的部分的古典音乐的情况下，或者在讲话停顿的期间内。

已经提出了另一种技术，其中，把双音多频（DTMF）码插入到

音频信号中。基于 DTMF 码的频率和持续时间，在大意上将其检出。然而，音频信号分量中每一个 DTMF 码的一个或两个单音可能出错，以至检波器可能把码的出现丢掉、或者，信号分量中的 DTMF 码可能出错。应该指出，此外，每一个 DTMF 码包括与另一个 DTMF 码共用的一个单音。因此，相应于不同 DTMF 码中一个单音的信号分量、可能与同时出现于信号中某一 DTMF 码的单音组合起来，形成了错误检出。

发明的目的

因此，本发明的一个目的是，提供克服了上述已提出技术的缺点的编码和解码的设备和方法。

本发明的另一个目的是，提供一种编码设备和方法，用来把码包括到音频信号中，以致该码不能作为声音人耳听见，但是，解码设备能够可靠地将该码解出。

本发明的又一个目的是，提供用来可靠地恢复出现于音频信号中的码的解码设备和方法。

发明的综述

根据本发明的第一个方面，用来把至少具有一个码频分量的码、包括到具有多个音频信号频率分量的音频信号中的设备和方法，包括下列装置和步骤：用来评价第一组多个音频信号频率分量对于人的听觉掩蔽所述至少一个码频分量的能力，以产生第一掩蔽评价值；用来评价与第一组不同的第二组多个音频信号频率分量对于人的听觉掩蔽所述至少一个码频分量的能力，以产生第二掩蔽评价值；基于选定的第一和第二掩蔽评价值之一，把一个幅度分配给所述至少一个码频分量；以及把该至少一个码频分量包括到音频信号中。

根据本发明的另一个方面，用来把至少具有一个码频分量的码、包括到具有多个音频信号频率分量的音频信号中的设备，包括：具有用来接收该音频信号的输入端的数字计算机，该数字计算机被编程，以评价第一和第二组多个音频信号频率分量对于人的听觉掩蔽所述至少一个码频分量的相应能力，以产生相应的第一和第二掩蔽评价值，第二组多个音频信号频率分量不同于其第一组，该数字计算机被编程，以基于选定的第一和第二掩蔽评价值之一，把一个幅度分配给该至少一个码频分量；以及用来把所述至少一个码频分量包括到音频信号中的装置。

根据本发明的又一个方面，一种设备和方法，用来把具有多个码频分量的码、包括到具有多个音频信号频率分量的音频信号中，该多个码频分量包括具有第一频率的第一码频分量、和具有不同于第一频率的第二频率的第二码频分量，该设备和方法分别包括下列装置和步骤：用来评价多个音频信号频率分量中至少一个分量对于人的听觉掩蔽具有所述第一频率的码频分量的能力，以产生第一相应掩蔽评价值；评价多个音频信号频率分量中至少一个分量对于人的听觉掩蔽具有所述第二频率的码频分量的能力，以产生第二相应掩蔽评价值；以便根据第一相应掩蔽评价值、把相应幅度分配给该第一码频分量，并且，根据第二相应掩蔽评价值、把相应幅度分配给该第二码频分量；以及用来把该多个码频分量包括到音频信号中。

根据本发明的再一个方面，一种用来把具有多个码频分量的码、包括到具有多个音频信号频率分量的音频信号中的设备，该多个码频分量包括具有第一频率的第一码频分量、和具有不同于第一频率的第二频率的第二码频分量，该设备包括：具有用来接收该音频信号的输入端的数字计算机，该数字计算机被编程，以评价多个音频信号频率分量中至少一个分量对于人的听觉掩蔽具有所述第一频率的码频分量的能力，以产生第一相应掩蔽评价值，并且，评价多个音频信号频率分量中至少一个分量对于人的听觉掩蔽具有所述第二频率的码频分量的能力，以产生第二相应掩蔽评价值；该数字计算机进一步被编程，以根据第一相应掩蔽评价值、把相应幅度分配给该第一码频分量，并且，根据第二相应掩蔽评价值、把相应幅度分配给该第二码频分量；以及用来把该多个码频分量包括到音频信号中的装置。

根据本发明的又另一个方面，用来把至少具有一个码频分量的码、包括到具有多个音频信号频率分量的音频信号中的设备和方法，分别包括下列装置和步骤：用来评价当在相应的第一时间间隔期间内、作为声音再生时，在音频信号时间刻度上、第一音频信号时间间隔的范围内，至少是多个音频信号频率分量之一对于人的听觉掩蔽。当在相应于偏离了第一音频信号时间间隔的第二音频信号时间间隔的第二时间间隔期间内、作为声音再生时，该至少一个码频分量的能力，以产生第一掩蔽评价值；根据第一掩蔽评价值，把一个幅度分配给所述至少一个码频分量；并且把该至少一个码频分量包括在第二音频信号时间间隔范围内的

部分音频信号中。

根据本发明的又一个方面，用来把至少具有一个码频分量的码、包括到具有多个音频信号频率分量的音频信号中的设备，包括：具有用来接收该音频信号的输入端的数字计算机，该数字计算机被编程，以便评价当在相应的第一时间间隔期间内、作为声音再生时，在音频信号时间刻度上、第一音频信号时间间隔的范围内，多个音频信号频率分量之一对于人的听觉掩蔽。当在相应于偏离了第一音频信号时间间隔的第二音频信号时间间隔的第二时间间隔期间内、作为声音再生时，该至少一个码频分量的能力，以产生第一掩蔽评价值；该数字计算机进一步被编程，以基于第一掩蔽评价值，把一个幅度分配给该至少一个码频分量；以及用来把该至少一个码频分量包括到第二音频信号时间间隔范围内、部分音频信号中的装置。

根据本发明的再另一个方面，用来把至少具有一个码频分量的码、包括到具有多个音频信号频率分量的音频信号中的设备和方法，分别包括下列装置和步骤：用来产生表示多个音频信号频率分量中第一基本单一分量的第一音调信号；用来评价多个音频信号频率分量中第一单一分量对人的听觉基于该第一音调信号、掩蔽该至少一个码频分量的能力，以产生第一掩蔽评价值；用来基于第一掩蔽评价值，把一个幅度分配给该至少一个码频分量；以及用来把该至少一个码频分量包括到音频信号中。

根据本发明的再又一个方面，用来把至少具有一个码频分量的码、包括到具有多个音频信号频率分量的音频信号中的设备，包括：具有用来接收该音频信号的输入端的数字计算机，把该数字计算机编程，以产生表示多个音频信号频率分量中第一基本单一分量的第一音调信号，并且，评价多个音频信号频率分量中第一基本单一分量对人的听觉基于该第一音调信号、掩蔽所述至少一个码频分量的能力，以产生第一掩蔽评价值；该数字计算机进一步被编程，以基于第一掩蔽评价值，把一个幅度分配给该至少一个码频分量；以及用来把该至少一个码频分量包括到音频信号中的装置。

根据本发明的又一个方面，用来在已编码音频信号中检出码的设备和方法，该已编码音频信号包括多个音频频率信号分量和至少一个码频分量，该码频分量具有选定的幅度和音频频率，以便至少利用该多

个音频频率信号分量之一、对于人的听觉把该码频分量掩蔽掉，这种设备和方法分别包括下列装置和步骤：根据该已编码音频信号，建立该至少一个码频分量的、预测的码幅度；以及基于其预测的码幅度，在已编码音频信号中检出码频分量。

根据本发明的再又一个方面，为了在已编码音频信号中检出码，提供了已编程的数字计算机，该已编码音频信号包括多个音频频率信号分量和至少一个码频分量，该码频分量具有选定的幅度和音频频率，以便至少利用该多个音频频率信号分量之一、对于人的听觉把该码频分量掩蔽掉，该数字计算机包括：用来接收该已编码音频信号的输入端；用来基于该已编码音频信号，建立该至少一个码频分量的、预测的码幅度，基于该预测的码幅度、在该已编程音频信号中检出码频分量，并且，基于所检出的码频分量、产生已检出的码输出信号的已编程处理器；以及与该处理器耦合起来，用来提供已检出码输出信号的输出端。

根据本发明的另一个方面，提供了用来在已编码音频信号中检出码的设备和方法，该已编码音频信号具有多个频率分量，这些频率分量包括多个音频频率信号分量和至少一个码频分量，该码频分量具有预定的音频频率和预定的幅度，以便把该至少一个码频分量与多个音频频率的信号分量区别开来，这种设备和方法分别包括下列装置和步骤：用来在包括该至少一个码频分量的预定音频频率的音频频率中第一范围内，确定该已编码音频信号中频率分量的幅度；用来对音频频率的第一范围建立噪声幅度；以及用来基于由此建立的噪声幅度和在其中确定的频率分量的幅度，在音频频率的第一范围内、检出该至少一个码频分量的出现。

根据本发明的又一个方面，为了在已编码音频信号中检出码，提供了数字计算机，该已编码音频信号具有多个频率分量，这些频率分量包括多个音频频率信号分量和至少一个码频分量，该码频分量具有预定的音频频率和预定的幅度，以便把该至少一个码频分量与多个音频频率的信号分量区别开来，该数字计算机包括：用来接收该已编码音频信号的输入端；与输入端耦合起来、以接收该已编码音频信号，并且，用来在包括该至少一个码频分量的预定音频频率的音频频率中第一范围内、确定该已编码音频信号中频率分量的幅度的已编程处理器；还把该处理器编程，以便对音频频率的第一范围建立噪声幅度，并且，基于由此建立

的噪声幅度和在其中确定的频率分量的幅度、在音频频率的第一范围内、检出该至少一个码频分量的出现；该处理器基于已检出的该至少一个码频分量的出现，有效地产生码输出信号；以及与该处理器耦合起来，由那里提供码信号的输出端。

根据本发明的再一个方面，提供了用来把音频信号编码的设备和方法，分别包括下列装置和步骤：用来产生包括多个码频分量组的码，每一个码频分量组表示分别不同的码符号，并且，包括多个分别不同的码频分量，码频分量组的码频分量在频域内形成相互间隔开来的分量群，每一个分量群具有相应的预定频率范围、并且，包括来自落入其相应预定频率范围内每一个码频分量组的一个频率分量，在频域内、相邻分量群以相应频率的值间隔开来，每一个相应分量群的预定频率范围小于把相应分量群、与其相邻分量群间隔开来的频率值；以及用来把码与音频信号组合起来。

根据本发明的又再另一个方面，为了把音频信号编码，提供了数字计算机，该数字计算机包括：用来接收该音频信号的输入端；用来产生包括多个码频分量组的码，每一个码频分量组表示分别不同的码符号、并且，包括多个分别不同的码频分量，码频分量组的码频分量在频域内形成相互间隔开来的分量群，每一个分量群具有相应的预定频率范围、并且，包括来自落入其相应预定频率范围内每一个码频分量组的一个频率分量，在频域内、相邻分量群以相应频率的值间隔开来，每一个相应分量群的预定频率范围小于把相应分量群、与其相邻分量群间隔开来的频率值；以及用来把码与音频信号组合起来的装置。

本发明的上述目的，以及其它目的、特点和优点，在下列对其某些优选实施例的详细描述中将会变得明显，这些详细描述须连同形成该详细描述一部分的附图一起阅读，其中，在附图的几张图中，相应的元件以同一标号标出。

附图的简要描述

图1为根据本发明一个方面编码器的功能方框图；

图2为根据本发明一个实施例数字编码器的功能方框图；

图3为以模拟形式提供音频信号编码的编码系统的方框图；

图4提供用于说明当利用图3实施例编码时，各种数字符号的频率合成的频谱图；

图 5 和 6 为用于说明图 3 实施例操作的功能方框图；
图 7A - 7C 为用来说明图 3 实施例中所使用软件程序的流程图；
图 7D 和 7E 为用来说明图 3 实施例中所使用另一种软件程序的流程图；
图 7F 为示出单一音调掩蔽关系的线性近似的图；
图 8 为使用模拟电路的编码器的方框图；
图 9 为图 8 实施例中加权系统确定电路的方框图；
图 10 为根据本发明某些特点的解码器的功能方框图；
图 11 为根据本发明一个使用数字信号处理的解码器的方框图；
图 12A 和 12B 为用于描述图 11 解码器操作的流程图；
图 13 为根据本发明某些实施例的解码器的功能方框图；
图 14 为根据本发明模拟解码器一个实施例的方框图；
图 15 为图 14 实施例分量检出器的方框图；以及
图 16 和 17 为包括在用来产生听众对广泛传播的信息的评价值的系统中的、根据本发明的一个实施例设备的方框图。

某些优选实施例的详细描述编码

本发明实现用来把码包括到音频信号中的技术，以便使从该信号中精确地恢复码内信息的概率最佳化，同时，确保当作为声音再生该已编码音频时，即使码的频率落入听得见的频率范围内、对人耳来说，码也是听不见的。

首先，参考图 1，其中示出根据本发明一个方面的编码器的功能方框图。输入端 30 接收要编码的音频信号。该音频信号可以表示，例如要通过无线电广播的节目、电视广播的音频部分、或音乐合成、或要以某种形式记录的其它种类的音频信号。而且，该音频信号可以是保密通信，例如，电话传输、或某种个人记录。然而，这些是本发明可应用性的例子，并不打算通过提供这样的例子来限制本发明的范围。

正如图 1 中功能方框 34 所指出，对一个或一个以上所接收音频信号的分量、掩蔽具有频率相应于码频分量的频率的声音或要加到音频信号上的分量的能力，进行评价。对单一码频可以执行多种评价，对多个码频的每一个码频可以执行单独评价，对多个码频的每一个码频可以进行多种评价，对多个码频可以执行一个或一个以上的共同评价，或者可以实现把上述一种或一种以上的评价组合起来。根据要掩蔽的一个或一

个以上码分量的频率、和正在评价其掩蔽能力的音频信号分量的频率，来执行每一种评价。此外，如果码分量和掩蔽音频分量并未落入基本同时的信号时间间隔内，以致它们将在显著不同的时间间隔内作为声音再生出来，那么，要掩蔽的码分量与掩蔽的节目分量之间这种信号时间间隔不同的影响，也将被考虑。

在某些实施例中，通过分开考虑音频信号的不同部分掩蔽每一个码分量的能力，有利地执行对每一个码分量的多种评价。在一个实施例中，根据音频信号分量的频率、其“幅度”（这里的定义）、和相对于码分量的定时，来评价多个基本为单一音调音频信号分量的每一个分量掩蔽该分量的能力，在这里，把这样的掩蔽称为“音调掩蔽”。

在这里，利用“幅度”这个名词指的是可以用来进行下列操作的任一种或几种信号值：评价掩蔽能力，选择码分量的大小，在再生信号中检出码的出现，或其它应用—其中包括：不论是在绝对或相对基础上测量的，也不论是在瞬间或累积基础上测量的，例如信号能量、功率、电压、电流、强度、压力。幅度可以作为窗口平均值、算术平均值、通过积分、作为均方根值、作为绝对或相对离散值的累积，或以其它方式来计量。

在其它一些实施例中，除了音调掩蔽评价以外，或者，用另一种方法，对于在足够接近于给定码分量的、相对窄的频带内的音频信号分量掩蔽该码分量的能力进行评价（在这里，称为“窄带”掩蔽）。还在另一些其它实施例中，对于在相对宽的频带内的码分量掩蔽该码分量的能力进行评价。根据需要或可能，对于在给定码分量前面或后面的信号时间间隔内的节目音频分量、在非同时基础上掩蔽该码分量的能力进行评价。在给定的信号时间间隔内音频信号分量的幅度不够大、不允许在同一信号时间间隔内包含幅度足够大的码分量时、还能够使得它们与噪声区别开来的情况下，这种评价方法特别有用。

最好是，进行对于多个码分量的，两个或两个以上音调掩蔽能力、窄带掩蔽能力、和宽带掩蔽能力（根据需要和可能，还有非同时掩蔽能力）的组合的评价。当各个码分量在频率上相当靠近时，不需要对于每一个码分量执行单独的评价。

在某些其它优选实施例中，代替单独的音调、窄带和宽带分析，执行滑动音调分析，从而避免了把节目音频分类为音调、窄带或宽带的需

要。

最好是，当对于掩蔽能力的组合进行评价时，每一种评价对一个或一个以上的码分量提供最大可容许的幅度，因此，通过把已经执行的、涉及给定码分量的全部评价加以比较，就可以选出最大幅度，该最大幅度确保：当作为声音再生时，音频信号仍将把每一个码分量掩蔽掉，因此，对于人的听觉，所有的码分量都变成听不见的。通过把每一个码分量的幅度最大化，使基于其幅度检出其出现的概率也同样地最大化了。当然，使用最大可能的幅度并不特别重要，因为当解码时，唯一需要的是，能够把数量足够多的码分量、与音频信号分量及其它噪声区别开来。

正如图 1 中 36 所指出，把评价的结果输出，使码发生器 40 可以使用该输出。可以以很多不同方法中的任一种方法，进行码的产生。一种特别有利的技术把一组唯一的码频分量分配给各个多个数据状态或符号，因此，在给定的信号时间间隔内，相应组码频分量的出现表现为相应的数据状态。用这一方式减小了音频信号分量与码检出的干扰，因为在信号时间间隔占优势的高比例中、数量足够多的码分量都将是检出的，任凭节目音频信号与其它码分量的检出发生干扰。而且，在产生码分量以前、其频率是已知的情况下，简化了实现掩蔽评价的过程。

还可以实现其它形式的编码。例如，可以使用移频键控（FSK）、调频（FM）、频率跳动、扩展频谱编码、以及上述编码的组合。从这里的公开，显然可知，在实施本发明时，还可以利用其它编码技术。

码发生器 40 的输入端 42 接收要编码的数据，码发生器 40 基于从输出端 36 接收的评价值、通过产生其一组唯一的码频分量并把一个幅度分配给每一个码分量，来响应。把这样产生的码频分量提供到加法电路 46 的第一输入端上，加法电路 46 的第二输入端接收要编码的音频信号。电路 46 把码频分量加到音频信号上，其输出端 50 输出已编码音频信号。取决于提供到电路 46 上信号的形式，该电路 46 可以是模拟或数字的加法电路。也可以利用软件来实现加法功能，如果是这样的话，那么，用来执行掩蔽评价和产生码的数字处理器也可以用来把码与音频信号相加。在一个实施例中，以数字形式作为时域数据提供码，然后，将其与时域音频数据相加。在另一个实施例中，把音频信号在数字形式下变换到频域，并将其加到同样表示为数字频域数据的码上。在大多数应

用中，接着，把已相加的频域数据转换成时域数据。

从下述可以看出，掩蔽评价功能和码处理功能可以通过数字或模拟处理、或者通过数字与模拟处理的组合，来执行。此外，如图 1 所示，虽然在输入端 30 上可以接收模拟形式的音频信号、并通过电路 46 将其加到模拟形式的码分量上，但是，在另一种方法中，可以在接收音频信号时将其转换成数字形式、加到数字形式的码分量上，以数字或模拟形式输出。例如，当要把信号记录到小型盘或数字录音带上时，则以数字形式输出；而如果要利用传统的广播或电视广播技术把信号广播出去，就可以模拟形式输出。还可以实现模拟和数字处理的其它各种组合。

在某些实施例中，一次把只有一个码符号的码分量被包括到音频信号中。然而，在其它一些实施例中，同时有多个码符号的码分量被包括到音频信号中。例如，在某些实施例中，一个符号的分量占据一个频带，同时，另一个符号的分量占据第二个频带。在另一种方法中，一个符号的分量可以与另一个符号的分量存在于同一频带内、或存在于重迭的频带内，只要这两个符号的分量可以通过（例如）分配给分别不同的频率或频率间隔而区别开来。

图 2 说明数字编码器的一个实施例。在这一实施例中，输入端 60 接收模拟形式的音频信号，通过 A/D 变换器 62 将其转换成数字形式。为了进行掩蔽评价，按照方框 64 从功能上所指出的，把已数字化的音频信号提供到该方框 64 上；例如，通过快速傅里叶变换（FFT）、子波变换、或其它时域到频域的变换、要不就通过数字滤波，把已数字化的音频信号分离成频率分量。此后，针对其音调掩蔽能力、窄带掩蔽能力和宽带掩蔽能力（根据需要或可能，还有非同时掩蔽能力），评价在感兴趣的频率范围内音频信号频率分量的掩蔽能力。换句话说，利用滑动音调分析来评价在感兴趣的频率范围内音频信号频率分量的掩蔽能力。

输入端 68 接收要编码的数据，对相应于给定信号时间间隔的每一个数据状态、产生其码分量的相应组，正如信号发生功能方框 72 所指出；进行电平调整，正如方框 76 所指出，还把有关掩蔽评价提供到方框 76 上。信号的产生例如，可以借助于存储着作为时域数据的每一个码分量的查寻表、或者通过对所存储的数据进行内插来实现。码分量或者被永久性地存储，或者按图 2 的系统起始化而产生、然后存储到存

存储器(例如, RAM)中, 响应于端子 68 接收的数据、根据可能而输出。

正如上面所讨论的那样, 根据有关掩蔽评价值, 对每一个码分量进行电平调整; 并把为了确保听不见、已调整了幅度的码分量, 加到已数字化的音频信号上, 正如加法符号 80 所指出。依据执行上述处理所需时间的长短, 也许需要把已数字化音频信号延时, 正如在存储器 82 中暂时存储所指出的。如果不把音频信号延时, 则在 FFT 和对音频信号的第一时间间隔进行了掩蔽评价以后、把幅度已调整的码分量加到在音频信号第一时间间隔后面的第二时间间隔上。然而, 如果把音频信号延长了, 就可以代之以把幅度已调整的码分量加到第一时间间隔上, 因而, 可以利用同时掩蔽评价。而且, 如果在第一时间间隔期间内那部分音频信号对于在第二时间间隔期间内加的码分量所提供的掩蔽容量、大于在第二时间间隔期间内那部分音频信号对于在第二时间间隔期间内码分量所能提供的掩蔽容量, 就可以根据在第一时间间隔内那部分音频信号的非同时掩蔽能力、把一个幅度分配给该码分量。用这种方式, 可以评价同时和非同时掩蔽容量, 并且, 可以根据较有利的评价值、把最佳幅度分配给每一个码分量。

在某些应用中, 例如在广播或模拟记录(像在传统的盒式录音机上)中, 通过数-模变换器(DAC) 84 把数字形式的已编码的音频信号转换成模拟形式。然而, 当要在数字形式下发送或记录该信号时, 可以把 DAC84 省略掉。

图 2 所示的各种功能, 可以通过例如数字信号处理器或通过个人计算机、工作站、主机、或其它数字计算机来实现。

图 3 为用于把以模拟形式提供的音频信号编码的编码系统的方框图。例如, 在传统的广播演播室中、在图 3 的系统中, 例如可以是个人计算机的主处理器 90 控制包括到输入端 94 所接收模拟音频信号中的信息的选择和产生。把主处理器 90 与键盘 96、及例如 CRT 监视器的监视器 100 耦合起来, 使得用户从监视器 100 所显示可以得到信息的菜单选择时, 可以选择要编码的所需消息。在广播音频信号中, 要编码的典型消息可以包括: 电台或频道的识别信息、节目或段的信息、和/或时间码。

一旦, 所需消息已输入到主处理器 90 上, 主处理器就把表示该消息的符号的数据输出到数字信号处理器(DSP) 104 上, 数字信号处理

器就像下文所描述的那样、以一组唯一的码信号分量的形式、把从主处理器 90 接收的每一个符号编码。在一个实施例中，主处理器产生四态数据流、即，这样的数据流：其中，每一个数据单位可呈现出四种不同数据状态之一，每一种数据状态以一种唯一的符号表示，这种符号包括两个，在这里被称为“E”和“S”的同步符号、以及两个消息信息符号“1”和“0”，每一个消息信息符号表示相应的二进制状态。将会意识到，可以使用任一个数的不同数据状态。例如，可以不使用两个消息信息符号，而是利用三个唯一的符号来表示三种数据状态，这允许利用给定大小的数据流传送相应更大的信息量。

例如，当节目素材表示讲话时，在发送比节目音频具有基本更连续的能量含量的情况下、相对更长时间期间的符号，是有利的，以便为讲话中固有的停顿或间隙作好准备。因此，在这种情况下，为了确保信息的通过量足够高，有利地增加了可能的消息信息符号的个数。对于表示高达五个比特的符号，符号传输长度为 2 秒、3 秒和 4 秒时，给正确解码提供了显然更大的概率。在某些这样的实施例中，当(i)在 FFT 仓内对这一符号的能量为最大，(ii)平均能量减掉对这一符号的能量标准偏差大于平均能量加上对全部其它符号能量的平均标准偏差，以及(iii)当这一符号的能量对时间的波形曲线为一般钟形、峰值位于符号间的时间边界上时，对起始符号“E”进行解码。

在图 3 的实施例中，当 DSP 104 已经接收了要编码的给定信息的符号时，DSP 104 响应于每一个符号，产生一组唯一的码频分量、并在其输出端 106 上输出这些分量。还参考图 4，对上述示范性数据组的四个数据符号 S、E、0 和 1 中的每一个数据符号提供了频谱图。如图 4 所示，在这一实施例中，用在频率值稍大于 2KHz 到频率值稍小于 3KHz 的范围内，以相等的频率间隔排列的、一组唯一的 10 个码频分量 $f_1 \sim f_{10}$ ，来表示符号 S。用在从稍大于 2KHz 的第一频率值上到稍小于 3KHz 的频率值的频谱范围内、以相等的间隔排列的、第二组唯一的 10 个码频分量 $f_{11} \sim f_{20}$ ，来表示符号 E，其中，码分量 $f_{11} \sim f_{20}$ 中的每一个码分量具有与同一组中所有其它码分量以及与频率 $f_1 \sim f_{10}$ 中的全部码分量不同的唯一的频率值。用在从稍大于 2KHz 的频率值上到稍小于 3KHz 的频率值的范围内、也是以相等的频率间隔排列的、又一组唯一的 10 个码频分量 $f_{21} \sim f_{30}$ ，来表示符号 0，其中，码分量 $f_{21} \sim f_{30}$ 中的每一个码分量具有与

同一组中所有其它码分量以及与频率 $f_1 \sim f_{20}$ 中的全部码分量不同的唯一的频率值。最后，用在以稍大于 2KHz 的频率值到稍小于 3KHz 的频率值的范围内，也是以相等的频率间隔排列的再一组唯一的 10 个码频分量 $f_{31} \sim f_{40}$ ，来表示符号 1，使得分量 $f_{31} \sim f_{40}$ 中的每一个分量具有与其它频率分量 $f_1 \sim f_{40}$ 中的任一个频率分量不同的唯一的频率值。通过对每一种数据状态利用多个码频分量。基本上把每一种数据状态的码分量在频率上相互分离开来，在给定数据状态的任一码分量共用的检出频带内的噪声的出现（例如，非码音频信号分量或其它噪声），基本不可能与该数据状态的其余码分量的检出发生干扰。

在其它一些实施例中，利用多个频率分量例如在频率上并无均匀间隔且当从一种符号到另一种符号时并无相同偏移的十个码单音或频率分量来表示各种符号是有利的。利用把这些单音成群的方法避免对一种符号的码频之间有整数关系，从而减小了频率间拍音和房间消声（即、从房间墙壁产生回声的位置、与正确解码发生干扰）的影响。为了减轻房间消声的影响，提供了对四种符号（0、1、S和E）的下列各组码单音频率分量，此处， $f_1 \sim f_{10}$ 表示四种符号中每一种符号的相应码频分量（以赫为单位表示）：

	"0"	"1"	"S"	"E"
f1	1046.9	1054.7	1062.5	1070.3
f2	1195.3	1203.1	1179.7	1187.5
f3	1351.6	1343.8	1335.9	1328.1
f4	1492.2	1484.4	1507.8	1500.0
f5	1656.3	1664.1	1671.9	1679.7
f6	1859.4	1867.2	1843.8	1851.6
f7	2078.1	2070.3	2062.5	2054.7
f8	2296.9	2289.1	2304.7	2312.5
f9	2546.9	2554.7	2562.5	2570.3
f10	2859.4	2867.2	2843.8	2851.6

一般来说,在上面提供的这些例子中,当 DSP 104 从数据状态 S、E、0 和 1 中任一数据状态到其其它任一数据状态切换其输出时,码的频谱含量的变化相对较小。根据本发明的一个方面,在某些优选实施例中,把每一种符号的每一个码频分量与每一种其它数据状态的一个频率分量配对,使得其间之差小于临界带宽。对于任一对纯音,临界带宽为:在其中改变这两个单音之间的频率分离度时,响度并无显著提高的频率范围。因为在数据状态 S、E、0 和 1 中每一种数据状态情况下,相邻单音之间的频率分离度是相同的,还因为把数据状态 S、E、0 和 1 中每一种数据状态的每一个单音与其其它每一种数据状态的相应单音配对了,所以,其间的频率差小于对那一对的临界带宽,当作为声音再生这一对单音,从数据状态 S、E、0 和 1 中任一数据状态过渡到其其它任一数据状态时,其响度将基本不变。而且,通过把每一对码分量之间的频率差最小化,使得当接收每一种数据状态时,检出该数据状态的相对概率基本上不受传输路径频率特性的影响。把不同数据状态的分量配对,从而使它们在频率上相对接近了,这样做的又一个好处在于,当数据状态发生切换时,对第一个数据状态的码分量所执行的掩蔽评价,对下一个数据状态的相应分量来说,基本上也将是精确的。

换句话说,在码单音的间隔为不均匀的方案中,为了使房间消声的影响为最小,可以看到,把为码频分量 $f_1 \sim f_{10}$ 中每一个分量所选择的频率,围绕着一个频率分群了,例如,把对 f_1 、 f_2 和 f_3 的频率分量分别设置在 1055Hz、1180Hz 和 1340Hz 附近。具体地说,在这一示范性实施例中,以 FFT 分辨率的两倍把单音间隔开来,例如,分辨率为 4Hz 时,把单音以间隔 8Hz 示出,把单音选为 FFT 仓频率范围的中点。在每一群中,分配给用来表示各符号 0、1、S 和 E 的码频分量 $f_1 \sim f_{10}$ 的各个频率的顺序不同。例如,为分量 f_1 、 f_2 和 f_3 选定的频率分别相应于符号 (0, 1, S, E), (S, E, 0, 1) 和 (E, S, 1, 0), 从最低频率到最高频率即 (1046.9, 1054.7, 1062.5, 1070.3), (1179.7, 1187.5, 1195.3, 1203.1) 和 (1328.1, 1335.9, 1343.8, 1351.6)。这一方案的好处在于,即使有与正确地接收码分量发生干扰的房间消声,一般也把同一单音从每一个符号中消除了,所以,从其余的分量中把符号解码就比较容易了。相反地,如果把房间消音从一个符号中消除一个分量,但是,没有把它从另一个符号中消除,那么,为了把后一个符号正

确地解码就困难了。

将会意识到，在另一种方法中，为了编码可以使用多于或少于四种的分开的数据状态或符号。而且，可以用多于或少于 10 个的码单音来表示每一种数据状态或符号；虽然最好是利用相同个数的单音来表示每一种数据状态，但是，用来表示每一种数据状态的码单音的个数相同，这并不是在所有的应用中都是特别重要的。在解码时，为了使区别每一个数据状态的概率为最大，最好是每一个码单音在频率上与全部其它码单音都不同。然而，没有两种或两种以上的数据状态共享码单音频率，这并不是在所有的应用中都是特别重要的。

图 5 为功能方框图，在说明图 3 实施例所执行的编码操作时，参考该图 5。正如上面所指出的，DSP 104 从主处理器 90 接收数据，该数据指定由 DSP 104 输出的数据状态的顺序作为相应组码频分量。DSP104 有利地产生对码频分量 $f_1 \sim f_{40}$ 中每一个码频分量的由时域表示的查寻表，然后，DSP 104 将该查寻表存储到其以图 5 的存储器 110 表示的 RAM 中。响应于从主处理器 90 接收的数据，DSP 104 产生相应的地址，将其加到图 5 中 112 所表示的存储器 110 的地址输入端上，使存储器 110 输出相应于在该瞬间要输出的数据状态的 10 个频率分量中每一个频率分量的时域数据。

还参考用来说明 DSP 104 所执行某些操作的功能方框图的图 6，存储器 110 存储着对符号 S、E、0 和 1 中每一个符号的每一个频率分量的时域值序列。在这一特定实施例中，因为码频分量的范围是从约 2KHz 上到约 3KHz，在存储器 110 中存储着对频率分量 $f_1 \sim f_{40}$ 中每一个频率分量的数量足够多的时域取样，所以，能够以高于最高频率码分量的奈奎斯特频率的速率输出这些取样。以适当高的速率从存储器 110 输出时域码分量，存储器 110 存储着对每一个码频分量表示预定持续时间的时域分量，这样它存储着对 (n) 个时间间隔 $t_1 \sim t_n$ 对码频分量 $f_1 \sim f_{40}$ 中每一个码频分量的 (n) 个时域分量，如图 6 所示。例如，在给定的信号间隔期间内要把符号 S 编码，则在第一时间间隔 t_1 期间内，存储器 110 输出存储在存储器 110 中相应于该时间间隔的时域分量 $f_1 \sim f_{10}$ 。在下一个时间间隔期间内，存储器 110 输出对时间间隔 t_2 的时域分量 $f_1 \sim f_{10}$ 。对时间间隔 $t_3 \sim t_n$ ，依次继续这一过程一直到编码符号 S 的持续时间结束再返回到 t_1 。

在某些实施例中，不输出全部 10 个码分量例如 $f_1 \sim f_{10}$ ，而是在一个时间间隔期间内，只输出那些落在音频信号单音临界带宽范围内的码分量。对于确保码分量的听不见性来说，一般这是保守的方法。

又参考图 5，还利用 DSP104 调整存储器 110 输出的时域分量的幅度，这样当码频分量作为声音再生出来时被包括了码频分量的音频信号掩蔽掉，使之对人的听觉是听不见的。因此，还把输入端 94 接收的音频信号经适当滤波和模-数变换以后，送到 DSP104 上。更准确地说，图 3 的编码器包括模拟带通滤波器 120，利用该滤波器 120 把用来评价所接收音频信号的掩蔽能力时感兴趣频带（在本实施例中，从约 1.5KHz 延伸到约 3.2KHz）以外的音频信号频率分量基本去掉。还利用滤波器 120 把音频信号的高频分量去掉，因为当接着利用工作于取样速率足够高的模-数变换器（A/D）124 把信号数字化时，高频分量可能引起混淆。

正如图 3 所指出，A/D 变换器 124 把已数字化的音频信号提供到 DSP104 上，正如图 5 中 130 所指出，在这里，对节目音频信号进行频率范围的分离。在这一特定实施例中，频率范围的分离以快速傅里叶变换（FFT）来执行，周期性地、带或不带时间重迭地执行 FFT，以便每次产生具有预定频率宽度的相继频率仓。为了分离音频信号的频率分量，可以使用其它技术例如，子波变换、离散 Walsh Hadamard 变换、离散 Hadamard 变换、离散余弦变换、以及各种数字滤波技术。

如上所述，一旦，DSP 104 已经把已数字化音频信号的频率分量分离成相继频率仓，接着，DSP104 就着手评价出现于音频信号中各频率分量掩蔽由存储器 110 输出的各码分量的能力，并且，产生相应的幅度调整系数，利用这些系数来调整各码频分量的幅度，使得码频分量作为声音再生出来时，节目音频将把码频分量掩蔽掉而使之对人的听觉是听不见的。这些处理以图 5 中方框 134 来表示。

对于与要掩蔽的码频分量基本上是同时的音频信号分量（但是，音频信号领先于码频分量一个短的时间间隔），节目音频分量的掩蔽能力在音调的基础上、以及在窄带掩蔽的基础上和在宽带掩蔽的基础上进行评价，正如下面所描述的那样。对于在给定瞬间由存储器 110 输出的每一个码频分量对多个音频信号频率分量中每一个分量的音调掩蔽能力，根据在音频分量落入的每一个相应仓中的能量级、还根据每一个仓

对相应码频分量的频率关系，进行评价。每一种情况下的评价（音调、窄带和宽带），可采取幅度调节系数的形式，或采取其它允许分配码分量幅度的形式，使音频信号把码分量掩蔽掉。换句话说，评价可以是滑动的音调分析。

在窄带掩蔽的情况下，为了得到单独的掩蔽能力评价值，在这一实施例中，对在包括相应码频分量的预定频带范围内、频率分量的能量含量低于预定级的每一个相应码频分量进行评价。在某些实现中，根据在预定的频带范围内、低于平均能量级的那些音频信号频率分量的能量含量，来度量窄带掩蔽能力。在这一实现中，把低于平均能量以下（作为分量门限值）的分量能量级的分量能量级相加，以产生窄带能量级，响应于该窄带能量级对相应码分量的相应窄带掩蔽评价值识别。通过选择不是平均能量级的分量门限值，可代之以产生不同的窄带能量级。而且，在又一些其它实施例中，在预定频带范围内全部音频信号的平均能量级代用作为把窄带掩蔽评价值分配给相应码分量的窄带能量级。在再又一些实施例中，代之以利用在预定频率带范围内、音频信号分量的总能量含量，虽然在其它一些实施例中，为此用途是利用在预定频带范围内、最小的分量级。

最后，在某些实施例中，为了在宽带掩蔽的基础上评价音频信号掩蔽相应码频分量的能力，确定音频信号的宽带能量含量。在这一实施例中，宽带掩蔽评价根据上述在窄带掩蔽评价过程中发现的最小窄带能量级。即，如果像上述那样的评价窄带掩蔽的过程中已经调研了四个单独预定的频带，并且为了在全部四个预定的频带（然而，已被确定）包括该最小窄带能量级中，取宽带噪声，那么，把这一最小窄带能量级乘以一个系数，该系数等于全部四个窄带横跨的频率范围与具有最小窄带能量级的预定频带的宽带之比。所产生的结果表示可允许的总的码功率级。如果指定该总的可允许的码功率级为 P ，并且码包括 10 个码分量，就把一个幅度调整系数分配给每一个码分量，以产生比 P 小 10dB 的分量功率级。换句话说，通过选择上面讨论的技术之一估计窄带能量级，而代之以利用遍及预定的、带宽相对宽的音频信号分量，来计算对预定的、包括码分量的带宽相对宽的宽带噪声。一旦，以选定的方式已经确定了宽带噪声，就把相应的宽带掩蔽评价值分配给每一个相应的码分量。

然后, 根据音调、窄带和宽带掩蔽评价值产生对相应分量的最高可允许电平, 选择对每一个码频分量的幅度调整系数。这将使每一个相应码频分量与非音频信号的噪声可以区分的概率最大, 同时确保把相应码频分量掩蔽掉, 使其对人的听觉是听不见的。

基于下列因素和情况, 选择对音调、窄带和宽带掩蔽中每一种的幅度调整系数。在音调掩蔽的情况下, 根据其掩蔽能力正评价的音频信号分量的频率、和要掩蔽的码分量的频率来分配幅度调整系数。而且, 在任一选定时间间隔内的给定音频信号以大于某一电平的最大电平提供掩蔽在同一时间间隔内的给定码分量的能力(即, 同时掩蔽); 在该时间间隔内的同一音频信号能够以上述某一电平掩蔽出现于该选定时间间隔以前或以后的同一码分量(即, 非同时掩蔽)。一个听众或其它收听组收听该已编码音频信号的情况, 如果可能, 最好也要加以考虑。例如, 如果要把电视音频编码, 最好把典型收听环境对失真的影响考虑进去, 因为在这样的环境中, 某些频率的衰减比其它频率大。接收和再生装置(例如, 图形均衡器)可能产生类似的影响。通过选择足够小的幅度调整系数, 可以补偿环境和有关装置的影响, 以便在预期的条件下确保掩蔽效果。

在某些实施例中, 只评价音调、窄带或宽带掩蔽容量之一。在其它实施例中, 评价两种这样不同类型的掩蔽容量; 在其它另外实施例中, 使用全部三种评价。

在某些实施例中, 使用滑动音调分析来评价音频信号的掩蔽容量。滑动音调分析一般地满足对窄带噪声、宽带噪声和单音的掩蔽规律, 而不需要对音频信号进行分类。在滑动音调分析中, 把音频信号看作一组离散的单音, 把每个单音与相应 FFT 的频率仓对中。一般, 滑动音调分析首先计算在每一个 FFT 仓中音频信号的功率。然后, 利用对单音掩蔽的掩蔽关系, 根据在每一个 FFT 仓中音频信号的功率, 在与码单音的频率间隔不大于音频单音临界带宽的每一个这样的 FFT 仓中, 对音频信号的离散单音, 对每一个这样的码单音的掩蔽效果进行评价。对每一个码单音, 将音频信号中全部有关离散单音的掩蔽效果相加, 然后, 调整在音频信号单音的临界带宽范围内单音的个数和音频信号的组成。正如下面说明的那样, 在某些实施例中, 节目素材的组成在经验上是基于音频信号的有关单音中的功率与在这样的音频信号单音中功率平方之和的

平方根之比。利用这种组成说明这样的事实，即与把单音简单地相加来模型化窄带和宽带噪声所得到的掩蔽效果相比，窄带噪声和宽带噪声中每一种都提供了好得多的掩蔽效果。

在使用滑动音调分析的某些实施例中，首先，对音频信号预定个数的取样进行大 FFT，这种大 FFT 提供高分辨率，但需要较长的处理时间。然后，对预定个数的取样的相继部分进行相对较小的 FFT，这种较小 FFT 进行得较快，但提供的分辨率很差。把从大 FFT 找到的幅度系数与从较小 FFT 找到的幅度系数合并，一般，这相当于用较小 FFT 的较高“时间精度”，对大 FFT 的较高“频率精度”进行时间加权。

在图 5 的实施例中，一旦对由存储器 110 输出的每一个码频分量已经选定了适当的幅度调整系数，DSP104 就相应地调整每一个码频分量的幅度，正如功能方框“幅度调整”114 所指出。在其它一些实施例中，每一个码频分量，开始就产生了，因此，其幅度与相应的调整系数相符。还参考图 6，在这一实施例中，通过 DSP104 的幅度调整操作，把为当前时间间隔 $t_1 \sim t_n$ 选定的时域码分量值 $f_1 \sim f_{40}$ 中的那 10 个分量值，乘以相应的幅度调整系数 $G_{A1} \sim G_{A10}$ ，然后 DSP104 着手该幅度已调时域分量相加，以产生复合码信号，在其输出端 106 上提供。参考图 3 和 5，利用数-模变换器 (DAC) 140 把复合码信号变换成模拟形式，由此送到加法电路 142 的第一输入端上。加法电路 142 在第二输入端上接收来自输入端 94 的音频信号，并把复合模拟码信号加到模拟音频信号上，在其输出端 146 上提供已编码音频信号。

在广播应用中，已编码音频信号调制载波通过空中广播出去。在 NTSC 电视广播应用中，已编码音频信号对副载波调频、与复合视频信号混合，利用组合信号调制电视广播的载波，通过空中广播出去。当然，广播和电视信号也可以通过电缆（例如，传统的电缆或光缆）、卫星或其它传送。在其它应用中，可以把已编码音频记录下来，以所记录的形式分配、或者用于随后的广播或其它广泛的传播。还可以把已编码音频用于点对点传输。各种其它应用以及传输和记录技术将是显然的。

图 7A ~ 7C 提供说明用来实现上述音调、窄带和宽带掩蔽功能的评价的 DSP104 所执行软件程序的流程图。图 7A 说明 DSP104 的软件程序的主环。利用来自主处理器 90 的指令起动该程序（步骤 150），于是，DSP104 初始化其硬件寄存器（步骤 152），然后，在步骤 154 中

着手计算未加权的时域码分量数据，正如图 6 所说明的那样，然后，将其存储到存储器中，以便根据需要读出、产生时域码分量，正如上文所描述的那样。用另一种方法，如果码分量永久性地存储在 ROM 或其它非易失性存储器中，就可以把步骤 152 略掉。也可以当需要时才计算码分量数据，虽然这加重了处理负担。再另一种方法是，产生模拟形式的未加权码分量，然后借助于数字处理器产生的加权系数，调整该模拟分量的幅度。

一旦，已经把时域数据计算出来、存储起来，在步骤 156 中，DSP104 就向主处理器 90 传达一项请求，要求下一条要编码的消息。消息为一串由消息预定了顺序的字符、整数、或其它一组唯一识别 DSP104 要输出的码分量组的数据符号。在其它一些实施例中，知道 DSP 输出数据率的主机，通过设定适当的定时器和在暂停条件下提供消息，自己确定何时把下一条消息提供给 DSP。在又一个实施例中，把解码器与 DSP 104 的输出端耦合起来，以便当 DSP 输出时，接收该输出码分量、将其解码、并将此消息反馈给主处理器，因此，主处理器可以确定何时把再一条消息提供给 DSP104。在又另一些实施例中，利用单一的处理器的功能来执行主处理器 90 和 DSP104 的功能。

一旦，遵循步骤 156 已经从主处理器接收了下一条消息，DSP 就着手按照顺序产生对该消息中每一个符号的码分量，并且，在其输出端 106 上提供已组合、已加权的码分量。在图 7A 中，这一过程利用以标记 160 标出的环来表示。

当进入以标记 160 表示的环时，DSP104 启动定时器中断 1 和定时器中断 2，然后进入“计算加权系数”的子程序 162，将连同图 7B 和 7C 的流程图一起描述子程序 162。首先，参考图 7B，当进入计算加权系数的子程序 162 时，DSP 首先确定是否已经存储了个数足以允许执行高分辨率 FFT 的音频取样，以便在最近预定的音频信号时间间隔期间内、分析音频信号的频谱含量，正如步骤 163 所指出。开始时，首先必须积累足够多个数的音频信号取样，以执行该 FFT。然而，如果使用重迭的 FFT，则在接着的期间内、在执行下一个 FFT 以前，通过需要存储相当少数据取样的环。

正如从图 7B 将会看到的那样，在步骤 163 中，DSP 保持在紧贴着的环内、等待所需的取样积累。每当进入定时器中断 1 时，A/D124 提

供节目音频信号的新数字化取样，这种取样在 DSP104 的数据缓冲器中积累，正如图 7A 中子程序 164 所指出。

返回图 7B，一旦 DSP 已经积累起来个数足够多的取样数据，就在步骤 168 中继续处理，其中，对最近音频信号时间间隔的音频信号数据取样执行上述高分辨率的 FFT。此后，正如标记 170 所指出，对当前要编码的符号中每 10 个码频分量计量相应的加权系数或幅度调整系数。在步骤 172 中，以上面讨论的方式确定由高分辨率 FFT 所产生频率仓（步骤 168）中、在单音基础（“占优势的音调”）上提供掩蔽相应码分量最高电平的能力的那一个仓。

还参考图 7C，在步骤 176 中，确定对占优势音调的加权系数，将其保留起来、以便与窄带和宽带掩蔽提供的有关掩蔽能力相比较，如果发现它是最有效的掩蔽者，就把它设定作为当前码频分量幅度的加权系数。在接着的步骤 180 中，以上述方式执行窄带和宽带掩蔽容量的评价。此后，在步骤 182 中确定窄带掩蔽是否对掩蔽相应码分量提供最佳能力，如果是这样，则在步骤 184 中，根据窄带掩蔽来修改加权系数。在接着的步骤 186 中，确定宽带掩蔽是否对掩蔽相应码频分量提供最佳能力，如果是这样，则在步骤 190 中根据宽带掩蔽来调整对相应码频分量的加权系数。然后，在步骤 192 中确定为了表示当前的符号，是否对当前要输出的每一个码频分量已经选定了加权系数，如果不是这样，则重新起动那个环，对下一个码频分量选择加权系数。然而，如果已经对全部分量选定了加权系数，则结束该子程序，正如步骤 194 中所指出。

当出现定时器中断 2 时，处理进行到子程序 200，在子程序 200 中执行上述图 6 说明的功能。即，在子程序 200 中，利用在子程序 162 期间内计算的加权系数乘要输出的当前符号的相应时域值，然后，加到已加权时域码分量值上，作为已加权复合码信号输出到 DAC140 上。每一个码符号的输出持续一个预定的时间期间，当此期间结束时，处理则从步骤 202 返回到步骤 156。

图 7D 和 7E 示出说明实现用来评价音频信号的掩蔽效果的滑动音调分析技术的流程。在步骤 702 中，对变量进行初始化。例如，把大 FFT 和较小 FFT 的取样大小、每个大 FFT 中较小 FFT 的个数、每个符号中码单音的个数分别初始化为 2048、256、8、10。

在步骤 704~708 中，分析相应于大 FFT 的一些取样，在步骤 704

中，获得音频信号的取样。在步骤 706 中，获得在每一个 FFT 仓中节目素材的功率。在步骤 708 中，对于每一个单音，获得在每一个相应的 FFT 仓中计算当该仓上全部有关音频信号单音的效果可允许的码单音功率。图 7E 的流程更详细地示出步骤 708。

在步骤 710 ~ 712 中，以类似于对大 FFT 的步骤 706 ~ 708 的方式，分析相应于较小 FFT 的一些取样。在步骤 714 中，对已经进行了较小 FFT 的那部分取样，把在步骤 708 中从大 FFT、和在步骤 712 中从较小 FFT 找到的可允许码功率合并。在步骤 716 中，把码单音与音频信号混合形成已编码音频，在步骤 718 中，把已编码音频输出到 DAC 140 上。在步骤 720 中判定是否重复步骤 710 ~ 718，即，判定是否有部分音频信号的取样已进行了大 FFT 但未进行较小 FFT。然后，在步骤 722 中，如果有更多的音频取样，则分析相应于大 FFT 下一些取样数。

图 7E 提供对步骤 708 和 712 的详细情况，计算在每一个 FFT 仓中可允许的码功率。一般这一过程是把音频信号模型化为包括一组单音（见下面的例子），计算每一个音频信号单音对每一个码单音的掩蔽效果，把掩蔽效果相加，调整码单音的密度和音频信号的组成。

在步骤 752 中，确定感兴趣的频带。例如，设用于编码的带宽为 800Hz~3200Hz，取样频率为 44100 个取样/秒。起始仓从 800Hz 开始，结束仓到 3200Hz 结束。

在步骤 754 中，利用对单音的掩蔽曲线；通过（1）根据假定全部音频信号功率在非零音频信号 FFT 仓的上端，确定第一掩蔽值，和（2）根据假定全部音频信号功率在该仓的下端，确定第二掩蔽值，来补偿该仓的宽度；然后，选择第一和第二掩蔽值中较小的那一个；从而确定在这一仓中，每一个有关音频信号单音对每一个码的掩蔽效果。

图 7F 示出，根据 Zwislöcki J.J. 编，纽约 Springer-Verlag 出版社出版，《心理声学 - 实际和模型》，1978 年苏黎世等地版，第 283 ~ 316 页，“掩蔽 - 同时掩蔽、前向掩蔽、后向掩蔽、和中心掩蔽的实验和理论”中的对于在本例中频率 f_{PGM} 约为 2200Hz 的音频信号单音的掩蔽曲线的近似表示。Zwislöcki 规定的临界频带（CB）为：

$$\text{临界频带} = 0.002 * f_{PGM}^{1.5} + 100$$

，带有下列定义，并且，设“maker（掩蔽者）”为音频信号单音，

BRKPOINT = 0.3 (± 0.3 *临界频带)
PEAKFAC = 0.025119 (“掩蔽者” - 16db)
BEATFAC = 0.002512 (“掩蔽者” - 26db)
mNEG = -2.40 (- 24db/临界频带)
mPOS = - 0.70 (- 7db/临界频带)
cf=码频
mf = “掩蔽者” 频率
cband=围绕 f_{PGM} 的临界频带

，于是，掩蔽系数 **mfactor** 可以计算如下：

$$\text{brkpt} = \text{cband} * \text{BRKPOINT}$$

如果在图 7F 曲线的负斜率上，

$$\text{mfactor} = \text{PEAKFAC} * 10^{**}(\text{mNEG} * \text{mf} - \text{brkpt} - \text{cf}) / \text{cband}$$

如果在图 7F 曲线的平坦部分上，

$$\text{mfactor} = \text{BEATFAC}$$

如果在图 7F 曲线的正斜率上，

$$\text{mfactor} = \text{PEAKFAC} * 10^{**}(\text{mPOS} * \text{cf} - \text{brkpt} - \text{mf}) / \text{cband}$$

具体地说，基于假定全部音频信号功率在其仓的低端，来计算第一 **mfactor**；然后，假定全部音频信号功率在其仓的高端，来计算第二 **mfactor**；选定第一和第二 **mfactor** 中较小的那一个，作为该音频信号单音对该选定的码单音提供的掩蔽值。在步骤 754 中，对每一个有关音频信号单音与每一个码单音的掩蔽，执行这一处理。

在步骤 756 中，利用相应音频信号单音的每一个掩蔽系数，来调整每一个码单音。在这一实施例中，把掩蔽系数乘以在有关仓中的音频信号功率。

在步骤 758 中，把对每一个仓的掩蔽系数乘以音频信号功率的结果相加，以便提供对每一个码单音的可容许功率。

在步骤 760 中，针对在被评价码单音每一侧的临界带宽内码单音的个数并针对音频信号的组成，来调整可容许的码单音功率。计算在临界频带内码单音的个数 **CTSUM**。调整系数 **ADJFAC** 由下式给出：

$$\text{ADJFAC} = \text{GLOBAL} * (\text{PSUM} / \text{PRSS})^{1.5} / \text{CTSUM}$$

此处，**GLOBAL** 是说明由于 FFT 性能中时间延迟所引起编码器不精确性的降低定额的系数； $(\text{PSUM} / \text{PRSS})^{1.5}$ 是经验的组成校正系数；

1/CTSUM 简单地表示除法，音频信号功率除以要掩蔽的全部码单音。
 PSUM 为分配给码单音的掩蔽的掩蔽单音功率级之和，该码单音的
 ADJFAC 正在被确定。功率平方和的平方根 (PRSS)，由下式给出：

$$PRSS = \sqrt{\sum_i (p_i^2)} \quad i=\text{频带内的 FFT 仓}$$

。例如，在一个频带内，掩蔽单音的总功率均等地分布到一个、两个、三个单音中，于是，

单音的个数	单音功率	PSUM	PRSS
1	10	1 * 10 = 10	10
2	5, 5	2 * 5 = 10	SQRT(2*5 ²) = 7.07
3	3.3, 3.3, 3.3	3 * 3.3 = 10	SQRT(3*3.3 ²) = 5.77

因此，PRSS 度量节目素材中掩蔽功率的集中度(增大值)或分散度(减小值)。

在图 7E 的步骤 762 中，确定在感兴趣的频带内是否还有仓，如果是这样的话，对这些仓按上述那样处理。

下面，将提供掩蔽计算的例子。假定有一个 0dB 的音频信号符号，因此，所提供的值为相对于音频信号功率的最大码单音功率。提供四种情况：单一的 2500Hz 单音；三个频率为 2000、2500 和 3000Hz 的单音；在中心频率为 2600Hz 临界频带内、窄带噪声模型化的 75 个单音，即，在 2415 ~ 2785Hz 范围内、均等地间隔 5Hz 的 75 个单音；以及在 1750 ~ 3250Hz 范围内、窄带噪声模型化的均等地间隔 5Hz 的 351 个单音。对于每一种情况，把滑动音调分析 (STA) 的计算结果、与选择单音分析、窄带噪声分析和宽带噪声分析中最佳者的计算结果相比较。

码单音 (Hz)	第一单音		多个单音		窄带噪声		宽带噪声	
	STA (dB)	3 种中的 最佳者 (dB)	STA (dB)	3 种中的 最佳者 (dB)	STA (dB)	3 种中的 最佳者 (dB)	STA (dB)	3 种中的 最佳者 (dB)
1976	- 50	- 49	- 28	- 30	- 19	NA	14	12
2070	- 45	- 45	- 22	- 32	- 14	NA	13	12
2163	- 40	- 39	- 29	- 25	- 9	NA	13	12

2257	- 34	- 33	- 28	- 28	- 3	NA	12	12
2351	- 28	- 27	- 20	- 28	1	NA	12	12
2444	- 34	- 34	- 23	- 33	2	7	13	12
2538	- 34	- 34	- 24	- 34	3	7	13	12
2632	- 24	- 24	- 18	- 24	5	7	14	12
2726	- 26	- 26	- 21	- 26	5	7	14	12
2819	- 27	- 27	- 22	- 27	6	NA	15	12

例如，在对单一单音情况的滑动音调分析（STA）中。掩蔽单音为 2500Hz，相应于临界带宽 $0.002 \times 2500^{1.5} + 100 = 350\text{Hz}$ 。图 7F 中曲线的断点在 $2500 \pm 0.3 \times 350\text{Hz}$ ，或者 2395Hz 和 2605Hz。可以看出，码频 1976 在图 7F 曲线的负斜率部分上，所以，掩蔽系数为：

$$\begin{aligned} \text{mfactor} &= 0.025119 \times 10^{-2.4 \times (2500 - 105 - 1976) / 350} \\ &= 3.364 \times 10^{-5} \\ &= -44.7\text{dB} \end{aligned}$$

在 1976Hz 的临界频带内有三个码单音，所以，掩蔽功率在它们之间分配：

$$3.364 \times 10^{-5} / 3 = -49.5\text{dB}$$

。把这一结果四舍五入成 - 50dB，示于取样计算表的左上角。

在“3种分析中的最佳者”的分析中，音调掩蔽根据以上连同图 7F 一起说明的单音方法来计算。

在“3种分析中的最佳者”的分析中，窄带噪声掩蔽通过首先计算跨过中心在感兴趣的码单音频率上的临界频带的平均功率来计算。认为功率大于平均功率的单音不是噪声的一部分，并将其去掉。其余功率之和为窄带噪声功率。最大可容许的码单音功率为在感兴趣的码单音临界带宽内对全部码单音的窄带噪声功率减掉 6dB。

在“3种分析中的最佳者”的分析中，宽带噪声掩蔽通过对中心频率为 2000Hz、2280Hz、2600Hz、2970Hz 的临界频带计算窄带噪声功率来计算。为了找到宽带噪声功率，把最小的所形成的、窄带噪声功率乘以总带宽除以适当临界带宽。例如，如果中心为 2600Hz、临界带宽 370Hz 的频带为窄带噪声功率最小者，将其窄带噪声功率乘以 $1322\text{Hz} / 370\text{Hz} = 3.57$ ，以产生宽带噪声功率。容许的码单音功率为宽带噪声功率的 - 3dB。当有 10 个码单音时，对每一个码单音容许的最

大噪声功率减小 10dB，或宽带噪声功率的 - 13dB。

可以认为，滑动音调分析的计算一般相当于“3种分析中的最佳者”的计算，这指出滑动音调分析是一种强有力的方法。此外，在多个单音的情况下，滑动音调分析提供的结果较好，即比在“三种分析中的最佳者”的分析中容许更大的码单音功率，这指出甚至对于“3种方法中的最佳者”的计算之一都不能顺利适合的情况，滑动音调分析都能够适合。

下面，参考图 8，其中以方框图形式示出使用模拟电路的编码器的实施例。模拟编码器在输入端 210 上接收模拟形式的音频信号，音频信号作为输入从输入端 210 提供到 N 个分量发生电路 $220_1 \sim 220_N$ ，每一个分量发生电路产生相应的码分量 $C_1 \sim C_N$ 。为了简单清楚起见，图 8 只示出分量发生电路 220_1 和 220_N 。为了可控地产生要包括到音频信号中以形成已编码音频信号的相应数据符号的码分量，把相应数据输入端 $222_1 \sim 222_N$ 提供给每一个分量发生电路，该相应数据输入端用作其相应分量发生电路的允许输入端。通过把允许信号可选择地加到分量发生电路 $220_1 \sim 220_N$ 中的某几个电路上，把每一个符号作为码分量 $C_1 \sim C_N$ 的一个子集编码。把相应于每一个数据符号所产生的码分量、作为输入提供到加法电路 226 上，加法电路 226 在另一个输入端上接收来自输入端 210 的输入音频信号，利用加法电路 226 把码分量加到输入音频信号上，产生已编码音频信号，加法电路 226 在其输出端上提供该已编码音频信号。

每一个分量发生电路在结构上是类似的，并且包括相应的加权系数确定电路 $230_1 \sim 230_N$ ，相应的信号发生器 $232_1 \sim 232_N$ ，和相应的切换电路 $234_1 \sim 234_N$ 。每一个信号发生器 $232_1 \sim 232_N$ 产生一个分别不同的码分量频率，并且把所产生的分量提供到相应的切换电路 $234_1 \sim 234_N$ 上，每一个切换电路 $234_1 \sim 234_N$ 具有耦合到地的第二输入端和与乘法电路 $236_1 \sim 236_N$ 中相应之一的输入端耦合的输出端。响应于在其相应数据输入端 $222_1 \sim 222_N$ 上接收的允许信号，每一个切换电路 $234_1 \sim 234_N$ 将其相应信号发生器 $232_1 \sim 232_N$ 的输出端与乘法电路 $236_1 \sim 236_N$ 中相应之一的耦合端耦合起来。然而，在数据输入端上没有允许信号时，每一个切换电路 $234_1 \sim 234_N$ 将其输出端耦合到接地的输入端上，使得相应乘法器 $236_1 \sim 236_N$ 的输出为零电平。

每一个加权系数确定电路 $230_1 \sim 230_N$ 用来评价在相应频带内音频信号的频率分量掩蔽由相应发生器 $232_1 \sim 232_N$ 产生的码分量的能力，以产生加权系数；每一个加权系数确定电路把该加权系数作为输入提供到相应乘法电路 $236_1 \sim 236_N$ 上，以便调整相应码分量的幅度；以确保该码分量已被加权系数确定电路评价的部分音频信号掩蔽掉。还参考图 9，如方框图形式示出作为示范性电路 230 指出的每一个加权系数确定电路 $230_1 \sim 230_N$ 的构成。电路 230 包括掩蔽滤波器 240，滤波器 240 在其输入端上接收音频信号，并且用来把该音频信号的一部分分离出来，要利用这部分音频信号产生加权系数并要把该加权系数提供到乘法器 $236_1 \sim 236_N$ 中相应之一上。而且选择掩蔽滤波器的特性，以便根据其频率分量掩蔽相应码分量的有关能力加权该音频信号频率分量的幅度。

把掩蔽滤波器 240 选定的那部分音频信号提供到绝对值电路 242 上，绝对值电路 242 产生代表在掩蔽滤波器 240 通过的频带内那部分信号的绝对值的输出。把绝对值电路 242 的输出作为输入提供到具有选定增益的定标放大器 244 上，以产生输出信号，当该输出信号乘以相应切换 $234_1 \sim 234_N$ 的输出时，在相应乘法器 $236_1 \sim 236_N$ 的输出端将产生一个码分量。该相应乘法器 $236_1 \sim 236_N$ 将确保：当作为声音再生该已编码音频信号时，通过了掩蔽滤波器 240 选定的那部分音频信号将把该已乘的码分量掩蔽掉。因此，每一个加权系数确定电路 $230_1 \sim 230_N$ 产生一个表示所选的那部分音频信号掩蔽相应码分量的能力的评价信号。

在根据本发明模拟编码器的其它一些实施例中，对每一个码分量发生器提供多个加权系数确定电路，当作为声音再生该已编码音频信号时对应于给定码分量的多个加权系数确定电路中的每一个加权系数确定电路评价音频信号的不同部分掩蔽该特定分量的能力。例如，可以提供多个这样的加权系数确定电路：当作为声音再生该已编码音频时，其中，每一个加权系数确定电路评价在相对窄频带（使得在这样的频带内，音频信号的能量多半包括一个单一频率分量）内的部分音频信号掩蔽该相应码分量的能力。对同一个相应的码分量还可以提供又一个加权系数确定电路，当作为声音再生该已编码音频信号时，用来评价：在具有码分量频率为其中心频率的临界频带内、音频信号的能量掩蔽该码分量的能力。

此外，虽然图 8 和图 9 实施例中利用模拟电路实现各功能，但是将会意识到，也可以利用数字电路、全部或部分地利用这样的模拟电路实现所执行的相同的功能。

解码

下面，将描述特别适应于把利用上文公开的本发明技术编码的音频信号解码、以及一般地把包括在音频信号中的码解码这样基于幅度可将其从音频信号中区别出来的解码器和解码方法。根据本发明的某些特点并参考图 10 的功能方框图，通过基于音频信号电平和非音频信号的噪声电平之一或此二者、建立一个或一个以上码分量的预期幅度，正如功能方框 250 所指出的那样，检出在已编码音频信号中存在的一个或一个以上的码分量。例如，在图 10 中的 252 上提供了表示这样的预期幅度的一个或多个信号，这种信号正如功能方框 254 所指出用来通过检出相应于预期幅度的信号以确定码分量的存在。根据本发明的解码器特别良好地适应于检出被音频信号其它分量所掩蔽的码分量的存在，因为码分量与其它音频信号分量之间的幅度关系在某种程度上是预定的。

图 11 为根据本发明一个实施例解码器的方框图，该解码器使用数字信号处理，用来把以模拟形式接收的已编码音频信号从解码器中提取码。图 11 的解码器具有用来接收已编码模拟音频信号的输入端 260，该已编码模拟音频信号例如可以是由话筒拾取的信号、作为声音再生的一接收机包括电视或无线电广播的信号、或者直接从这样的接收机以电气信号形式提供的其它已编码模拟音频信号。通过再生音频记录，例如小型盘或盒式带也可以产生这样的已编码模拟音频。把模拟调整电路 262 与输入端 260 耦合起来接收已编码模拟音频，并且用来在模-数变换以前执行信号放大、自动增益控制、和反混淆低通滤波。此外，模拟调整电路 262 用来执行带通滤波操作，以确保把由此输出的信号限制到码分量可以出现的频率范围内。模拟调整电路 262 把已处理的模拟音频信号输出到模-数变换器 (A/D) 263 上，(A/D) 263 把接收的信号变换成数字形式将其提供到数字信号处理器 (DSP) 266 上，DSP 266 处理已数字化的模拟信号，检出码分量的存在并确定码分量所表示的码符号。把数字信号处理器 266 与存储器 270 (包括程序和数据存储的存储器) 及输入/输出 (I/O) 电路 272 耦合起来，以接收外部指令 (例如，开始解码指令或输出已存储码指令) 和输出已解码的信息。

下面，将描述图 11 的数字解码器把利用图 3 设备编码的音频信号解码的操作。模拟调整电路 262 用来对已编码的音频信号进行带通滤波，通带范围约为 1.5KHz~3.1KHz，DSP266 以适当高的速率对已滤波的模拟信号进行取样。接着利用 DSP 266 把已数字化的音频信号分离成各频率分量范围，或者利用 FFT 处理将其分离成各仓。更准确地说，在预定个数的最新数据点上执行重迭的、窗式 FFT，因此，当接收到个数足够多的新取样时，将周期性地执行新 FFT。按照下面的讨论把数据加权，执行 FFT 以产生每一个具有预定宽度、个数预定的频率仓。利用 DSP266，计算在包括码分量频率的范围内每一个频率仓的能量 $B(i)$ 。

围绕着每一个其中可以出现码分量的仓执行噪声电平的估计。因此，在利用图 11 的解码器把用图 3 实施例编码的信号解码时，有 40 个其中可以出现码分量的频率仓。对每一个这样的频率仓，按下述方法来估计噪声电平。首先，按照下列关系式计算在频率范围为高于和低于感兴趣的特定频率仓 j （即，其中可以出现码分量的仓）的窗口内各频率仓中的平均功率 $E(j)$ ：

$$E(j) = \frac{1}{2w+1} \sum B(i)$$

此处， $i=(j-w) \rightarrow (j+w)$ ， w 为以仓的个数表示的、高于和低于感兴趣仓的窗口的范围。然后，按照下列公式估计频率仓 j 中的噪声电平 $NS(j)$ ：

$$NS(j) = (\sum B_n(i)) / (\sum \delta(i))$$

此处，如果 $B(i) < E(j)$ ，则 $B_n(i) = B(i)$ （仓 i 中的能量级）；否则 $B(i) = 0$ 并且如果 $B(i) < E(j)$ ，则 $\delta(i) = 1$ ；否则 $\delta(i) = 0$ 。即：为了包括在感兴趣仓周围的特定窗口内电平低于平均能量级的那些分量，并且从而包括落到这样的平均能量级以下的音频信号分量，假定了噪声分量。

一旦，感兴趣仓的噪声电平已经估计出来了，则通过感兴趣仓中的能量级 $B(j)$ 除以估计的噪声电平 $NS(j)$ 来估计该仓的信噪比 $SNR(j)$ 。如下所述，为了检出码的存在以及定时同步符号和数据符号的状态，使用 $SNR(j)$ 之值。为了在统计的基础上不把音频信号分量考虑成码分量，可以使用各种技术。例如，可以假定，具有最高信噪比的仓包括音频信号分量。另一个可能性是，排除具有高于预定值的 $SNR(j)$ 的那些仓。又另一种可能性是，不考虑具有最高和/或最低 $SNR(j)$ 的那些仓。

当用来检出在利用图 3 的设备编码的音频信号中码的存在时, 图 11 的设备至少在可能找到码符号的预定时间间隔的主要部分内、反复累积指出在感兴趣的每一个仓中码的存在的数据。因此, 上述过程将重复多次, 在该时间范围内、对每一个感兴趣的仓累积分量存在数据。下面将详细讨论用来基于利用同步码建立适当检出时间范围的技术。一旦, DSP266 在有关时间范围内已经积累了这样的数据, DSP 266 就以下面讨论的方式确定、可能的码信号中的哪一个出现在音频信号中了。然后 DSP266 就把已检出的码符号以及用来根据 DSP 的内部时钟信号以及识别检出该符号的瞬时的时间标记一起存储到存储器 270 中。此后响应于通过 I/O 电路 272 DSP266 接收的适当指令, DSP 使存储器 270 通过 I/O 电路 272 输出已存储的码符号和时间标记。

图 12A 和 12B 的流程图说明当把在输入端 260 上接收的模拟音频信号中编码的符号解码时, DSP266 所执行操作的顺序。首先, 参考图 12A, 当开始解码处理时, DSP266 在步骤 450 中进入主程序环, 在步骤 450 中 DSP266 设定标志 SYNCH, 这使得 DSP 266 在预定的信息顺序中在输入音频信号内首先开始检出同步符号 E 和 S 的存在的数据。一旦执行步骤 450, DSP266 就调用图 12B 的流程图中说明的子程序 DET, 以便在音频信号中搜索表示同步符号的码分量的出现。

参考图 12B, 在步骤 454 中, DSP 反复地采集和存储输入音频信号的取样, 一直到已经存储了用来执行上述 FFT 的个数足够多的取样。一旦已经实现了这一点, 就对存储的数据进行加权, 以便把数据开窗, 可利用例如余弦平方加权函数、凯瑟-贝塞尔函数、高斯(泊松)函数、汉宁函数或其它适当的加权函数, 正如步骤 456 所指出。然而, 在码分量足够明显时, 不需要加权。然后, 对已开窗的数据进行重迭 FFT, 正如步骤 460 所指出。

一旦 FFT 已经结束, 就在步骤 462 中测试 SYNCH 标志, 检查一下是把它设定了(在此情况下预期同步符号)还是把它清除了(在此情况下预期数据的比特符号)。因为开始时为了检出表示同步符号的码分量的出现, DSP 设定了 SYNCH 标志, 所以, 程序进行到步骤 466, 在步骤 466 中评价借助于步骤 460 的 FFT 获得的频域数据, 以确定这样的数据是否指出表示 E 同步符号或 S 同步符号的分量的出现。

为了检出该存在和定时同步符号, 首先确定对每一种可能的同步符

号和数据符号的 $SNR(j)$ 值之和。在检出同步符号的处理期间内的某一给定瞬间，将预期一个特定的符号。作为检出该预期符号的第一步，确定其相应值 $SNR(j)$ 之和是否大于其它任一值。如果是这样的话，就根据在可能包括码分量的各频率仓中的噪声电平，建立检出门限值。因为在任一给定的瞬间在已编码音频信号中只包括一个码符号，所以，只有感兴趣仓的四分之一才包括码分量。其余四分之三包括噪声，即，节目音频分量和/或其它外部能量。作为对全部感兴趣的 40 个频率仓的 $SNR(j)$ 值的平均值，产生检出门限值，但是，为了说明环境噪声的影响和/或补偿观察到的出错率，可以利用乘法系数来调整该检出门限值。

当已经这样建立了检出门限值时，把预期同步符号的 $SNR(j)$ 值之和针对检出门限值进行比较，以确定其和是否大于该门限值。如果是这样的话，指出预期同步符号的检出有效。一旦实现了这一点，正如步骤 470 所指出，程序则返回到图 12A 的主处理环，在步骤 472 中确定（正如下文所说明的那样）已解码数据的结构是否满足预定的合格标准。如果不满足，处理则返回到步骤 450，重新开始搜索同步符号的存在；但是如果满足这样的标准，就确定预期的同步结构（即，预期的符号 E 和 S 序列）是否已全部接收和检出，正如步骤 474 所指出。

然而，在第一次通过子程序 DET 以后，为了确定该结构是否满足合格标准，对不足的数据已经作了采集，因此，处理从步骤 474 返回到子程序 DET，以便再执行 FFT 和评价同步符号的存在。一旦子程序 DET 已执行了预定的次数，当处理返回到步骤 472 时，DSP 就确定所积累的数据是否满足对同步结构的合格标准。

即，一旦 DET 已执行了这样预定的次数，则在子程序 DET 的步骤 466 中的评价也执行了相应的次数。在一个实施例中，把发现“E”符号的次数用作在相应的时间期间内“E”符号能量大小的度量。然而，可代之以利用其它的“E”符号能量的度量（例如，超过平均仓能量的“E”仓 SNR 的总数）。在重新调用子程序 DET 并且又执行步骤 466 中的评价之后，在步骤 472 中，把这一最近的评价值加到在预定的时间期间内所积累的那些评价值上，并且把以前所积累的那些评价值中最老的评价值删除。在多次通过 DET 子程序的期间内，继续这一处理，在步骤 472 中看到在“E”符号能量中有一个峰。如果没有发现这样的峰，则导致确定同步结构尚未遇到，因此处理从步骤 472 返回到步骤 450，

以便再一次设定 SYNCH 标志，重新开始搜索同步结构。

然而，如果已经找到这样的“E”信号最大值，则在子程序 DET 452 以后，在步骤 472 中执行的评价处理则继续每次利用来自步骤 466 的同样个数的评价值，但是，把最老的评价值删除并把最新的评价值加上，因此，为此目的使用了滑动数据窗。当继续这一处理时，在通过步骤 472 预定的次数以后，确定是否已经出现了从“E”符号跨越到“S”。在一个实施例中，这是作为一个点确定的，在这个点上，在相同的时间间隔期间内，在滑动窗口中、步骤 466 形成的“S”仓 SNR 的总额第一次超过“E”仓 SNR 的总额。一旦已经发现了这样的跨越点，处理则继续以上述方式搜索“S”符号能量的最大值，该最大值由在滑动数据窗口内“S”检出的最多个数指出。如果没有发现这样的最大值或者在“E”符号能量的最大值以后在预期的时间范围内该最大值没有出现，处理则着手从步骤 472 返回步骤 450，重新开始搜索同步结构。

如果满足上述标准，则在步骤 474 中宣告同步结构的出现并在步骤 480 中继续处理。根据“E”和“S”符号能量的最大值以及检出的跨越点，确定预期的比特时间间隔。可以采用其它对策，来代替上述用来检出同步结构出现的处理。在又一个实施例中，当同步结构并不满足上述那样标准但接近于合格结构（即，所检出的结构并不明显不合格）时，可以推迟确定同步结构是否已检出，一直到根据为了确定在潜在同步结构后面的预期数据时间间隔内、数据比特的出现而执行的评价进一步分析之前（正如下文所说明的）。根据所检出数据的总数：即，在猜想的同步结构时间间隔和在猜想的比特时间间隔期间内，可以对可能的同步结构执行追溯性的判定。

返回到图 12A 的流程图，一旦已经判定了同步结构，则在步骤 480 中，就像上面指出的那样，根据两个最大值和跨越点，来确定比特定时。即，为了确定每一个接着的数据比特时间间隔预期的起点和终点，把上述数值平均。一旦实现了这一点，则在步骤 482 中把 SYNCH 标志清除，以指出接着 DSP 将搜索任一可能的比特状态的出现。然后再次调用子程序 DET 452，也参考图 12B，以与上述同样的方式执行该子程序一直到步骤 462，在步骤 462 中 SYNCH 标志的状态指出应该确定比特状态，然后处理进行到步骤 486。在步骤 486 中，DSP 以上述方式搜索指出“0”比特状态或“1”比特状态的码分量的出现。

一旦已经实现了这一点,则在步骤 470 中处理返回到图 12A 主处理环中步骤 490,在步骤 490 中确定是否已接收了足够确定比特状态的数据。为了这样做,必须多次通过子程序 452,因此,在第一次通过 452 以后,处理就返回到子程序 DET452,以根据新的 FFT 执行又一次评价。一旦子程序 452 已经执行了预定的次数,则在步骤 486 中评价这样采集的数据,以确定所接收的数据指出“0”状态、“1”状态、还是不定状态(通过利用奇偶校验数据,能够分辨不定状态)。即,把“0”仓 SNR 的总额与“1”仓 SNR 的总额相比较。不论哪个比较大,它就确定了数据状态,如果那两个总额相等,数据为不定状态。换句话说,如果“0”仓和“1”仓 SNR 的总额不等,但颇为接近,就可以宣告为不定的数据状态。还有,如果使用了大量的数据符号,就可以把对其发现了最大 SNR 和的那个符号确定为所接收的符号。

当处理又返回到步骤 490 时,检出比特状态的确定,处理进行到步骤 492,在步骤 492 中,DSP 在存储器 270 中存储数据,这数据是指出用来装配成字的、相应比特状态的数据,一个字具有预定个数的符号,符号由所接收音频信号中已编码的分量来表示。此后在步骤 496 中确定所接收的数据是否已提供已编码字或信息的全部比特。如果没有提供,处理则返回 DET 子程序 452,以确定下一个预期信息符号的比特状态。然而,如果在步骤 496 中确定该信息的最后一个符号已经收到,处理则返回到步骤 450,设定 SYNCH 标志,以便通过检出其同步符号的出现、来搜索新信息的出现,该同步符号如已编码音频信号中码分量所表示的那样。

参考图 13,在某些实施例中,利用非码音频信号分量和其它噪声(在本文中,总起来称为“噪声”)之一或此二者产生一个比较值例如门限值,如功能方框 276 所指出。为了检出码分量的出现,针对该比较值,把已编码音频信号的一个或多个的部分相比较,如功能方框 277 所指出。最好是,首先,对已编码音频信号进行处理,把可能包括着码分量的频带内的各分量隔离开来;然后,在某一时间期间内,把各分量积累起来,以便把噪声平均掉,如功能方框图 278 所指出。

下面,参考图 14,以方框形式示出根据本发明的模拟解码器实施例。图 14 的解码器包括与四组分量检出器 282、284、286 和 288 耦合的输入端 280。利用每一组分量检出器 282 ~ 288 在表示相应码符号

的输入音频信号中，检出码分量的出现。在图 14 的实施例中，这样来安排解码器设备可以检出 $4N$ （此处， N 为整数）个码分量中任一码分量的出现，码包括四个不同的符号、每一个符号由一组唯一的 N 个码分量来表示。因此，四组 282 ~ 288 包括 $4N$ 个分量检出器。

图 15 中，以方框图形式未出四组 282 ~ 288 中 $4N$ 个分量检出器之一的实施例，在这里，将其标为分量检出器 290。分量检出器 290 具有与图 14 中解码器输入端 280 耦合的、用来接收已编码音频信号的输入端 292。分量检出器 290 包括具有噪声估计滤波器 294 的上支路，在一个实施例中，噪声估计滤波器 294 采取具有相对宽的通带的带通滤波器的形式，以通过中心频率为要检出的相应码分量频率的带内音频信号的能量。换句话说，最好是用两个滤波器代替该噪声估计滤波器 294，其中一个滤波器的通带从高于该要检出的相应码分量的频率开始延伸，第二个滤波器通带的上边沿低于该要检出的码分量的频率，把这两个滤波合在一起后通过能量的频率高于和低于（但不包括）该要检出的分量的频率、而在该分量频率附近的频率范围内。噪声估计滤波器 294 的输出端与绝对值电路 296 的输入端连接，绝对值电路 296 产生的输出信号表示噪声估计滤波器 294 输出的绝对值，加到积分器 300 的输入端上；积分器 300 积累其输入信号，它产生的输出值表示邻近但不包括该要检出的分量频率的频谱中各部分的信号能量，将此值输出到差分放大器 302 的不倒相输入端上；差分放大器作为对数放大器工作。

图 15 的分量检出器还包括含有信号估计滤波器 306 的下支路，信号估计滤波器 306 具有与输入端 292 耦合的用来接收已编码音频信号的输入端，利用滤波器 306 使实际上窄于噪声估计滤波器 294 中相对宽的频带的频带通过，因此信号估计滤波器 306 实际上只通过频率为要检出的相应码信号分量频率的信号分量。信号估计滤波器 306 具有与又一个绝对值电路 308 的输入端耦合的输出端；利用绝对值电路 308 在其输出端上产生表示通过信号估计滤波器 306 的信号绝对值的信号。绝对值电路 308 的输出端与又一个积分器 310 的输入端耦合；积分器 310 积累电路 308 输出之值，它产生的输出信号表示在预定的时间期间内、在信号估计滤波器的窄通带内的能量。

积分器 300 和 310 中的每一个都有一个耦合起来的清除端，用来接收加到端子 312 上的公共清除信号。清除信号由图 14 所示控制电路 314

提供，控制电路 314 周期性地产生清除信号。

返回到图 15，积分器 310 的输出提供到放大器 302 的倒相输入端上，放大器 302 有效地产生一个输出信号，该输出信号表示积分器 310 的输出与积分器 300 的输出之差。因为放大器 302 是对数放大器，所以，其可能的输出值的范围压缩了，从而减小了加到窗比较器 316 上输出信号的动态范围。窗比较器 316 用来在给定的时间间隔内、检出码分量的出现或不出现，该时间间隔由控制电路 314 通过加清除信号来确定。当放大器 302 提供的输入落在低门限值与固定的高门限值之间时，窗比较器输出码出现信号，此处，低门限值作为固定值加到比较器 316 的低门限值输入端子上，固定的高门限值加到比较器 316 的高门限值输入端子上。

再参考图 14，每一个分量检出器组的 N 个分量检出器中的每一个分量检出器 290 偶合其相应窗比较器 316 的输出端到码确定逻辑电路 320 的一个输入端上。在控制电路 314 建立的多个清除周期内，电路 320 在控制电路 314 的控制下积累来自 $4N$ 个分量检出电路 290 的码出现信号。当按照下述那样建立的检出给定符号的时间间隔结束时，码确定逻辑电路 320 根据在该时间间隔期间内、对该符号检出的分量个数最多，确定哪一个码符号接收到了，并且，在输出端 322 上输出指出已检出码符号的信号。可以把输出信号存储到存储器中，装配成更长的消息或数据文件，将其发送出去或别样的利用（例如，作为控制信号）。

对于上述（结合图 11、12A、12B、14 和 15）解码器的符号检出时间间隔可以根据与每一条已编码消息一起发送的并具有预定持续时间和顺序的同步符号的定时而建立。例如，在一音频信号中包括的一条已编码消息可能包括：两个数据时间间隔的已编码 E 符号，后面跟着两个数据时间间隔的已编码 S 符号，都像上面连同图 4 所描述的那样。图 11、12A、12B、14 和 15 的解码器有效地开始搜索第一预期的同步符号的出现，即在预定的周期期间内发送的已编码 E 符号；并确定 E 符号的传输时间间隔。此后，解码器搜索表征符号 S 的码分量的出现，当检出该符号 S 时、解码器确定其传输时间间隔。根据已检出的传输时间间隔、确定从 E 符号到 S 符号过渡的点，根据这个点、设定对每一种数据比特符号的检出时间间隔。在每一个检出时间间隔期间内，解码器积累码分量，以便以上述方式确定在该时间间隔内发送的相应符号。

虽然图 14 和 15 中实施例的各元件是以模拟电路来实现的，但是，将会意识到，利用数字电路也可以全部或部分地实现所执行的相同功能。

下面，参考图 16 和 17，其中，示出用来产生听众对广泛传播的信息，例如电视和广播节目的评价。图 16 通过空中广播音频信号的无线电广播电台的方框图，为了识别电台和广播时间已把该音频信号编码。如果需要，还可以把广播的节目或片断的识别包括进去。节目音频源 340，例如小型盘放音机、数字音频磁带放音机、或实况转播音频源由电台管理人员借助于控制设备 342 控制、可控地输出要广播的音频信号。把节目音频源的输出端 344 与编码器 348 的输入端耦合起来，根据图 3 的实施例，还包括 DSP104、带通滤波器 120、模-数变换器 (A/D) 124、数-模变换器 (DAC) 140 和加法电路 142。控制设备 342 包括图 3 实施例的主处理器 90、键盘 96 和监视器 100，因此，把图 16 的控制设备 342 中包括的主处理器与编码器 348 中包括的 DSP 耦合起来。编码器 348 在控制设备 342 的控制下运转，以便在要发送的音频中周期性地包括已编码的消息，这种消息包括适当的识别数据。编码器 348 把已编码的音频输出到无线电发射机 350 的输入端上，发射机 350 以已编码的节目音频调制载波，借助于天线 352 通过空中把载波发送出去。包括在控制设备 342 中的主处理器借助于键盘被编程，以控制编码器输出适当的、包括电台识别数据的已编码消息。主处理器借助于在其中的基准时钟电路自动地产生广播的时间数据。

还参考图 17，把该系统的个人监视设备 380 装入外壳 382 中，382 的尺寸小到足以带在参加听众评价调查的每一个听众成员身上。给每一个听众成员配备一个个人监视设备，例如设备 380，在例如预定为期一周的调查期间内、每一天的几段特定时间中，听众成员要把该设备 380 带在身上。个人监视设备 380 包括无方向性话筒 386，话筒 386 拾取带着设备 380 的听众成员可以得到的声音，这种声音包括由收音机(例如，图 17 中的收音机 390)扬声器再生的广播节目。

个人监视设备 380 还包括信号调整电路 394，该电路 394 具有与话筒 386 的输出端耦合的输入端，并且，用来放大话筒 386 的输出、还对其进行带通滤波，带通滤波用来衰减在包括图 16 中编码器 348 所产生节目音频中包括的码的各个频率分量的音频频带以外的那些频率，还用

来执行为模-数变换作准备的反混淆滤波。

个人监视设备 380 的数字电路以功能方框图的形式示于图 17, 它包括解码器方框和控制方框, 这两个方框例如可以借助于数字信号处理器来实现。把节目和数据存储的存储器 404 与解码器 400 耦合起来, 以便接收用于存储的已检出码, 还与用来控制存储器 404 的读和写操作的控制方框 402 耦合起来。把输入/输出 (I/O) 电路 406 与存储器 404 耦合起来, 以便接收要由个人监听设备 380 输出的数据, 和在存储器 404 中存储信息, 例如节目指令。还把 I/O 电路 406 与用来控制设备 380 的输入和输出操作的控制方框 402 耦合起来。

解码器 400 根据上述图 11 的解码器操作, 输出要存储到存储器 404 中的电台识别和时间码数据。个人监视设备 380 还备有在原理上以 410 指出的连接器, 用来输出存储在存储器 404 中的、积累的电台识别和时间码数据, 以及接收来自外部设备的指令。

个人监视设备 380 最好能够与在序号为 No.08/101558、申请日期为 1993 年 8 月 2 日、标题为“对听众监视/记录设备的柔和刺激”的美国专利申请书中公开的连接站一起工作, 该申请书与本申请书共同受让, 该申请书在这里列为参考资料。此外, 个人监视设备 380 最好备有在所述序号为 No.08/101558 的美国专利申请书中也公开了的、便携式广播辐射监视设备的附加特点。

连接站通过调制解调器、经过电话线与中心数据处理装置通信, 向该处理装置上行装入识别和时间码数据, 以产生有关听众收看和/或收听的报告。中心装置还可以向连接站下行装入信息(例如, 可以执行的程序信息), 供连接站使用和/或提供给设备 380。中心装置还可以通过射频信道, 例如以本发明方式、用这样的信息编码的现有调频广播, 对连接站和/或设备 380 提供信息。连接站和/或设备 380 备有调频接收机(为了简单明了起见, 未示出), 用来把已编码的调频广播解调, 将其提供到根据本发明的解码器上。还可以通过电缆或其它传输媒介, 来提供已编码的调频广播。

除了借助于个人监视设备进行监视以外, 还可以使用固定设备(例如, 机上设备)。为了从接收机或其它装置接收电气形式的已编码音频, 可以使用例如图 17 的话筒 386 那样的话筒, 把机上设备耦合上去。于是, 机上设备就可以在有或没有监视听众配合的情况下, 通过利用本发

明来监视选定的信道。

考虑本发明编码和解码技术的其它应用，在一种应用中，把用来允许进行广告监视的码、提供到广告的音迹上，从而确保：那些广告已在同意的时间（由电视或无线电广播或其它）发送出去。

在又一些其它应用中，把控制信号以根据本发明产生的码的形式发送出去。在一种这样的应用中，一种交互作用的玩具接收和解码包括在电视或无线电广播、或声音记录的音频部分中的一种已编码控制信号，并且，执行相应的动作。在另一种这样的应用中，把原始控制码包括在电视或无线电广播、或声音记录的音频部分中，使得接收或再生设备通过把这样的码解码可以执行原始的控制功能，有选择地预防接收或再生广播和记录。还可以把控制码包括在蜂窝电话传输中，以限制非法访问蜂窝电话 ID 的应用。在另一种应用中，把码包括到电话传输中，区别声音传输和数据传输，适当地控制传输通路的选择，以避免不可靠地发送的数据。

还可以实现各种发射机识别的功能，例如，确保军事传输的可靠性，和与飞行器语言通信的可靠性。还考虑了一些监视应用。在一种这样的应用中，参与市场调查的人研究戴上接收加到公共广播或类似音频信号上的编码消息的个人监视器，在零售商店或无车商店区内，记录参与人的出席。在另一种这样的应用中，雇员戴上接收加到音频信号上的编码消息的个人监视器，在工厂里监视他们出席在指定位置上。

通过利用本发明编码技术和解码技术，还可以实现保密通信。在一种这样的应用中，借助于根据本发明的编码和解码，通过分配码分量的电平使得码被水下环境声所掩蔽、或者被起源于码发射机位置上的声源所掩蔽，来执行保密的水下通信。在另一种这样的应用中，通过把被掩蔽的码包括到要利用传呼设备接收和解码的、通过空中的其它音频信号传输中，进行保密的传呼传输。

本发明的编码和解码技术还可以用于证实语言信令。例如，在电话定货的应用中，存储的语言印刷品可以与活的发声相比较。作为另一个例子，例如，可以把保密的数字和/或一天里的时间编码并与讲出的言词组合，然后解码，用于讲出言词的自动控制处理。在这种情况下，编码设备可以是电话或其它语言通信设备的附件、或者是，当直接存储讲出的言词而不通过电话线之类发送时使用的其它单独的固定设备。又一种

应用是，在便携式电话的存储器中，提供证实码，使得语言流包括证实码，由此，允许检出非法传输。

通过把数据包括到语言或其它音频传输中，还可以实现更好地利用通信信道的带宽。在一种这样的应用中，把飞行器仪表中数据指示的读数包括到空对地的语言传输中，通知飞行器工作状态的地面控制器，而不需要分开的语言和数据信道。选择码的电平，使得码分量被语言传输所掩蔽，从而避免它们之间的干扰。

通过借助于本发明编码技术在每一个合法拷贝的音频部分上把一个唯一的识别号编码，也可以检出侵害磁带版权的行为，即非法拷贝有版权的作品，例如音频/视频记录和音乐。如果从多个拷贝中检出了该已编码的识别号，非法拷贝则是显然的。

又一中应用是，通过利用装有根据本发明解码器的 VCR，确定了已记录的节目。根据本发明，把视频节目（例如，娱乐节目、广告、等）与识别该节目的识别码一起编码。当把 VCR 设置于记录方式时，记录信号的音频部分提供到解码器上，检出其中的识别码。把检出的码存储到 VCR 的存储器中，以便接着用于产生记录用法的报告。

通过利用本发明，能够采集那种指出已由电台广播或已由供应商发送的有版权作品的的数据，以查清有关版税的责任。把作品与唯一地识别该作品的相应识别码一起编码。把由一个或一个以上的电台广播的或由供应商发送的信号提供给监视设备，监视设备就将其音频部分提供给根据本发明的解码器，解码器检出在其中出现的识别码。把已检出的码存储在存储器中，以便用于产生要用来访问版税责任的报告。

根据 MPEG（活动图象专家组）- 2 标准建议的解码器，已经包括了为提取根据本发明的已编码数据所需的某些声音扩张处理元件，因此，记录禁止技术（例如，为了防止非法记录有版权的作品）所利用的根据本发明的码、很好地适合于 MPEG - 2 解码器。把根据本发明的适当解码器提供到记录装置上、或者作为附件提供到记录装置上，该解码器检出为了记录而提供的音频中拷贝禁止码的出现。记录装置响应于这样检出的禁止码，禁止记录相应的音频信号和任何伴随着的信号，例如视频信号。根据本发明编码的版权信息在带内，不需要附加的定时或同步，自然地伴随着节目素材。

在又另一些应用中，通过空中发送的节目，通过电缆广播或其它媒

介发送的节目，或记录在磁带、盘、或其它媒介上的节目包括与、一个或一个以上观众或听众用来操作设备的控制信号一起编码的音频部分。例如，描绘骑自行车的人可以走的路径的节目，包括与控制信号一起根据本发明编码的音频部分，该控制信号供静止的锻炼自行车或大车根据所画路径的明显倾斜控制踏板阻力之用。当用户蹬该静止自行车时，他（她）在电视机或其它监视器上观看该节目，节目的音频部分作为声音再生出来。静止自行车上的话筒转换所再生的声音，根据本发明的解码器检出声音中的控制信号，把控制信号提供到锻炼自行车的踏板阻力控制装置上。

从上述将会意识到，本发明技术可以通过全部或部分地利用模拟或数字电路而实现，还可以意识到，其全部或部分处理功能可以利用硬件电路、或通过利用数字信号处理器、微处理器、微计算机、多处理器（例如，并行的处理器）、等等来执行。

在这里，虽然已详细讨论了本发明的特定实施例，但是，应该了解，本发明并不局限于那些准确的实施例，还应该了解，熟悉这种技术的人在不脱离附件权利要求书中所规定本发明范围或精神的情况下，可以形成各种变型。

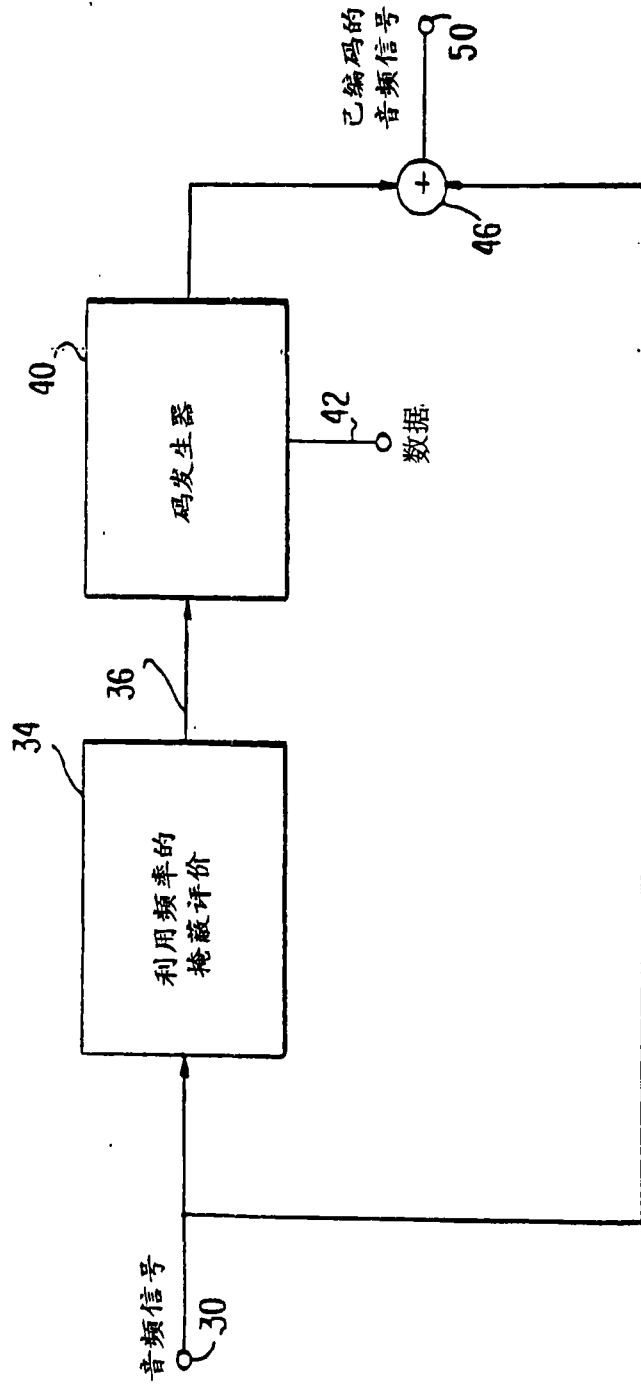


图 1

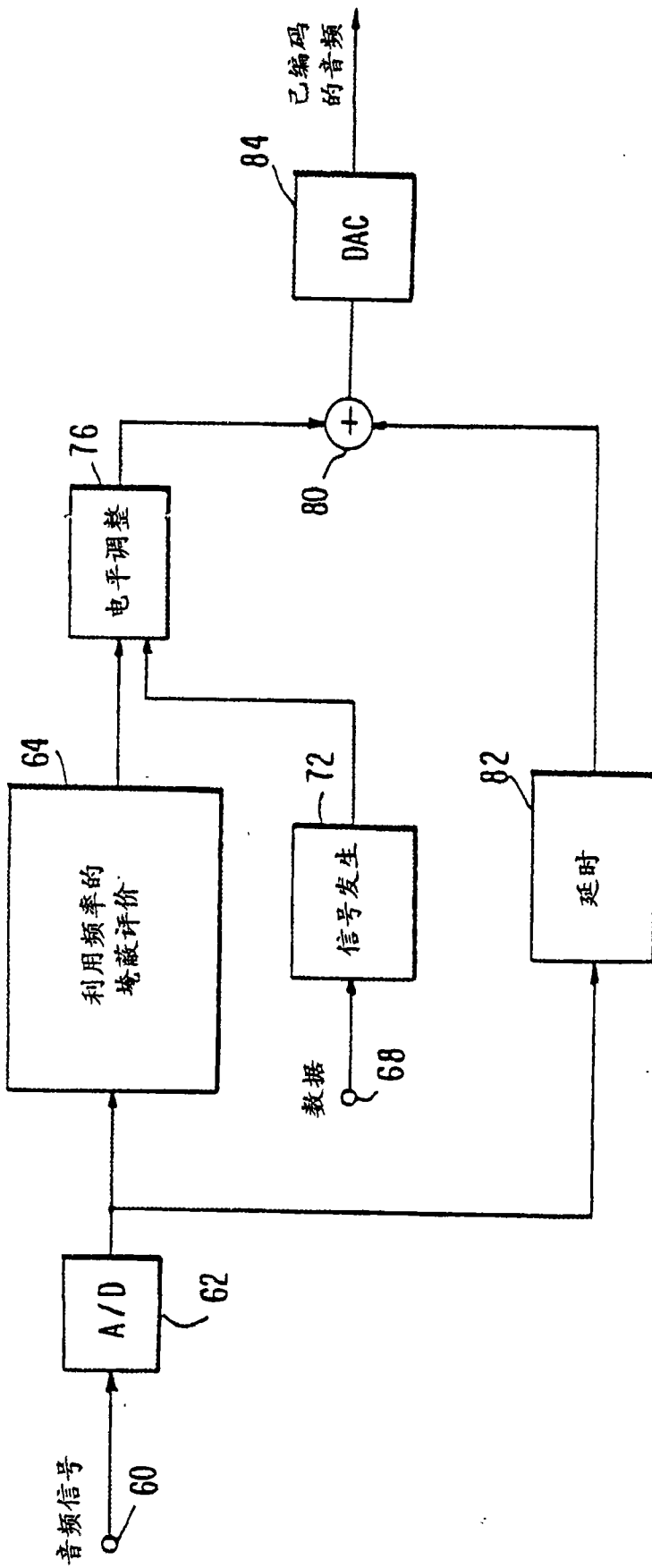


图 2

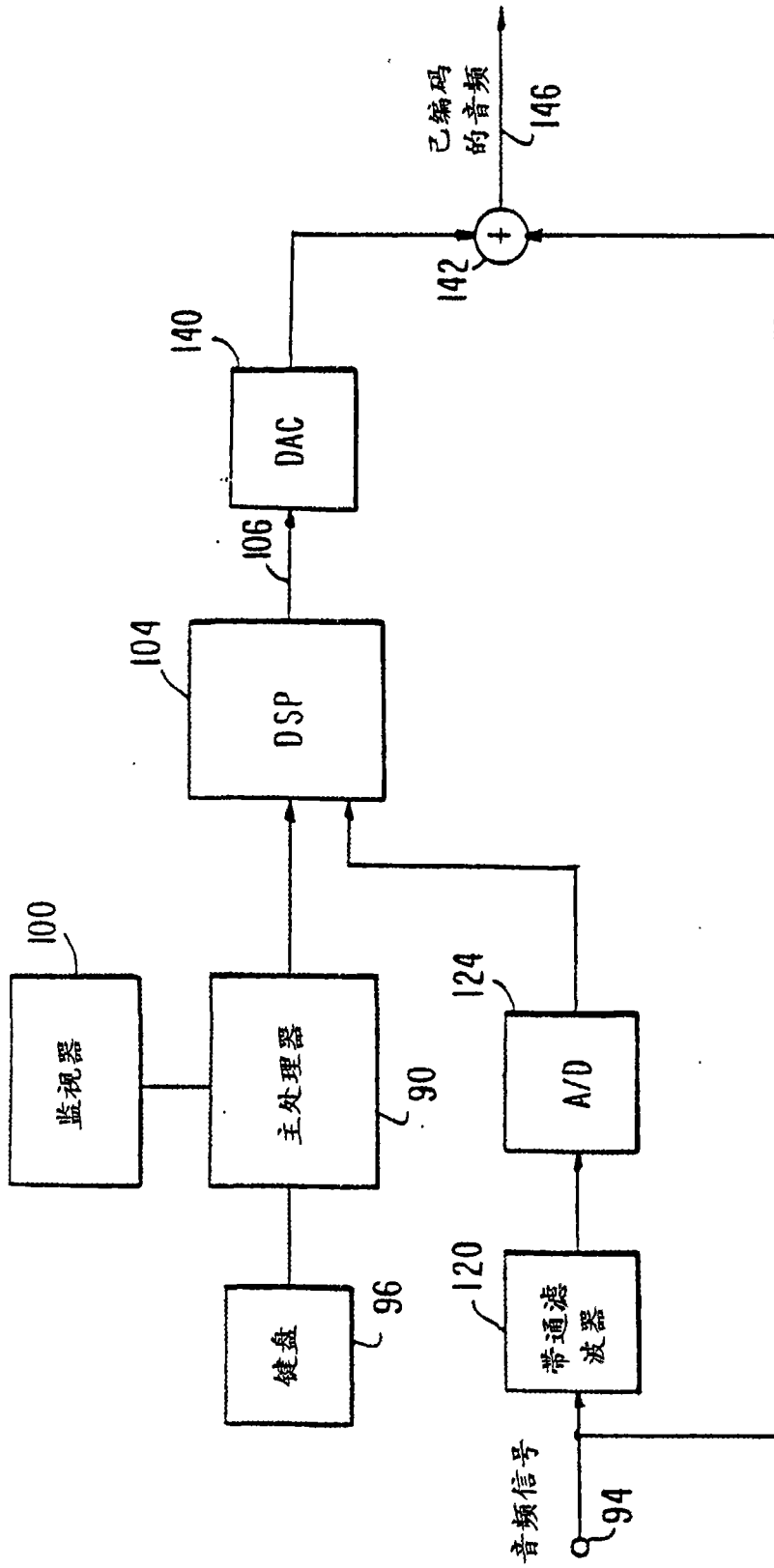


图 3

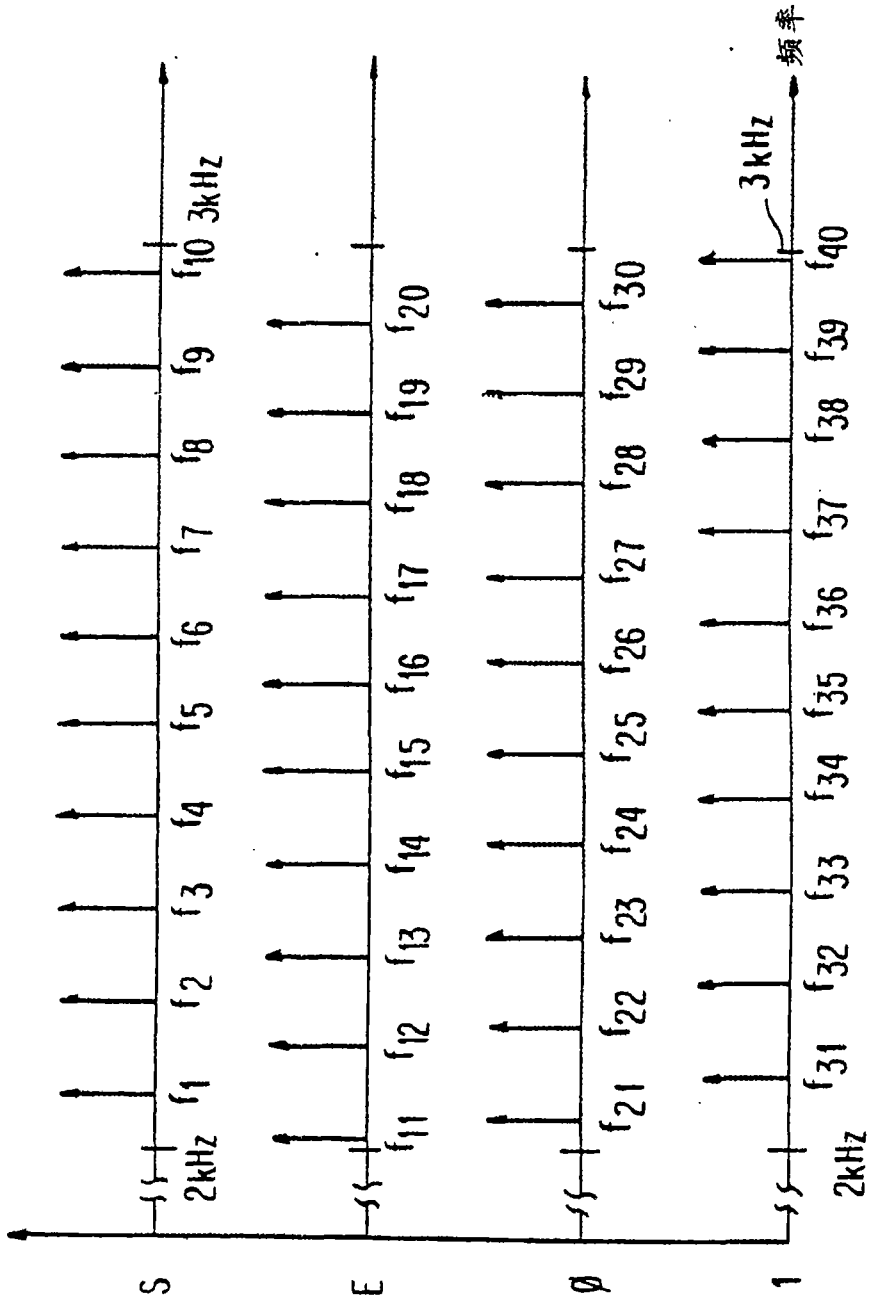
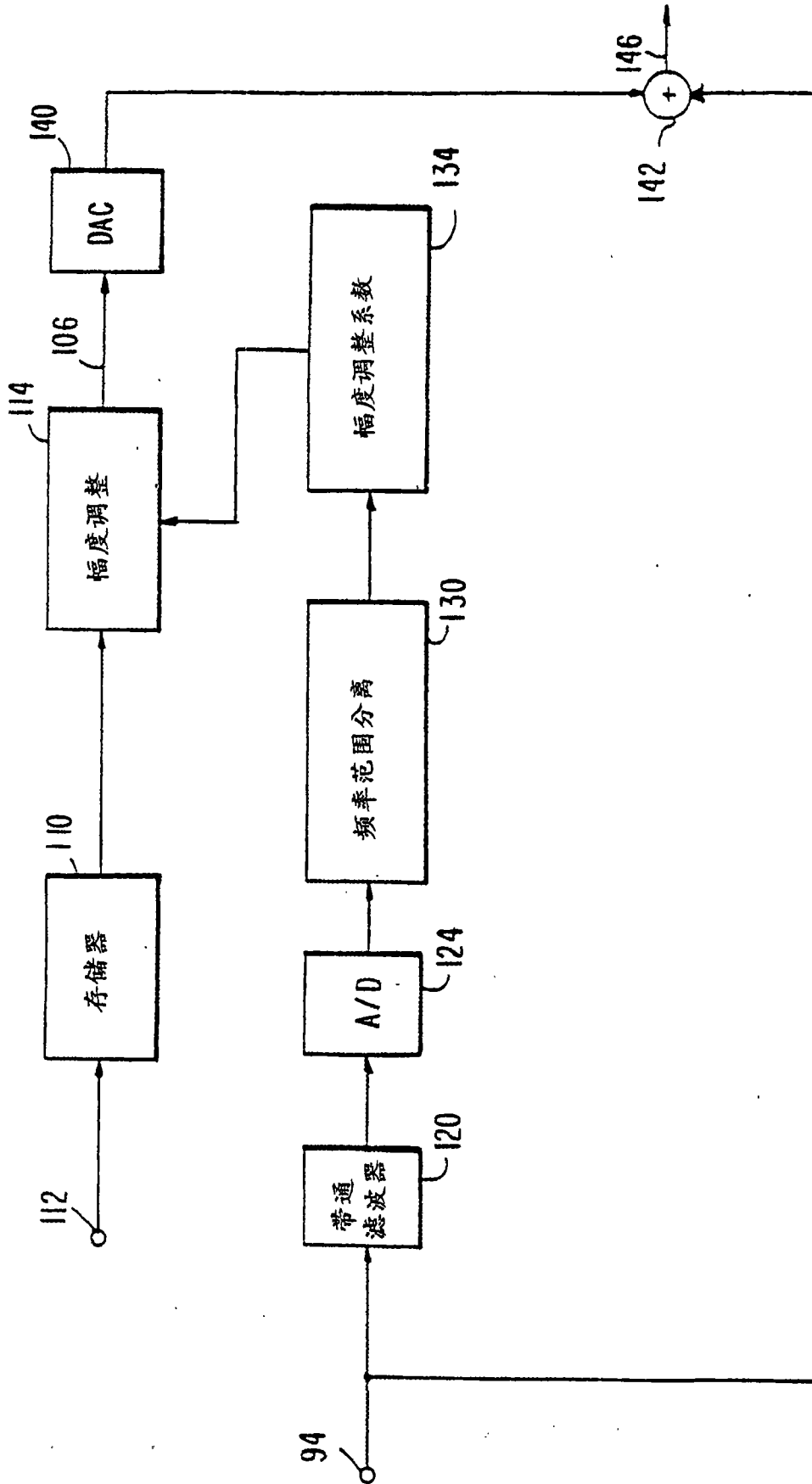


图 4

图 5



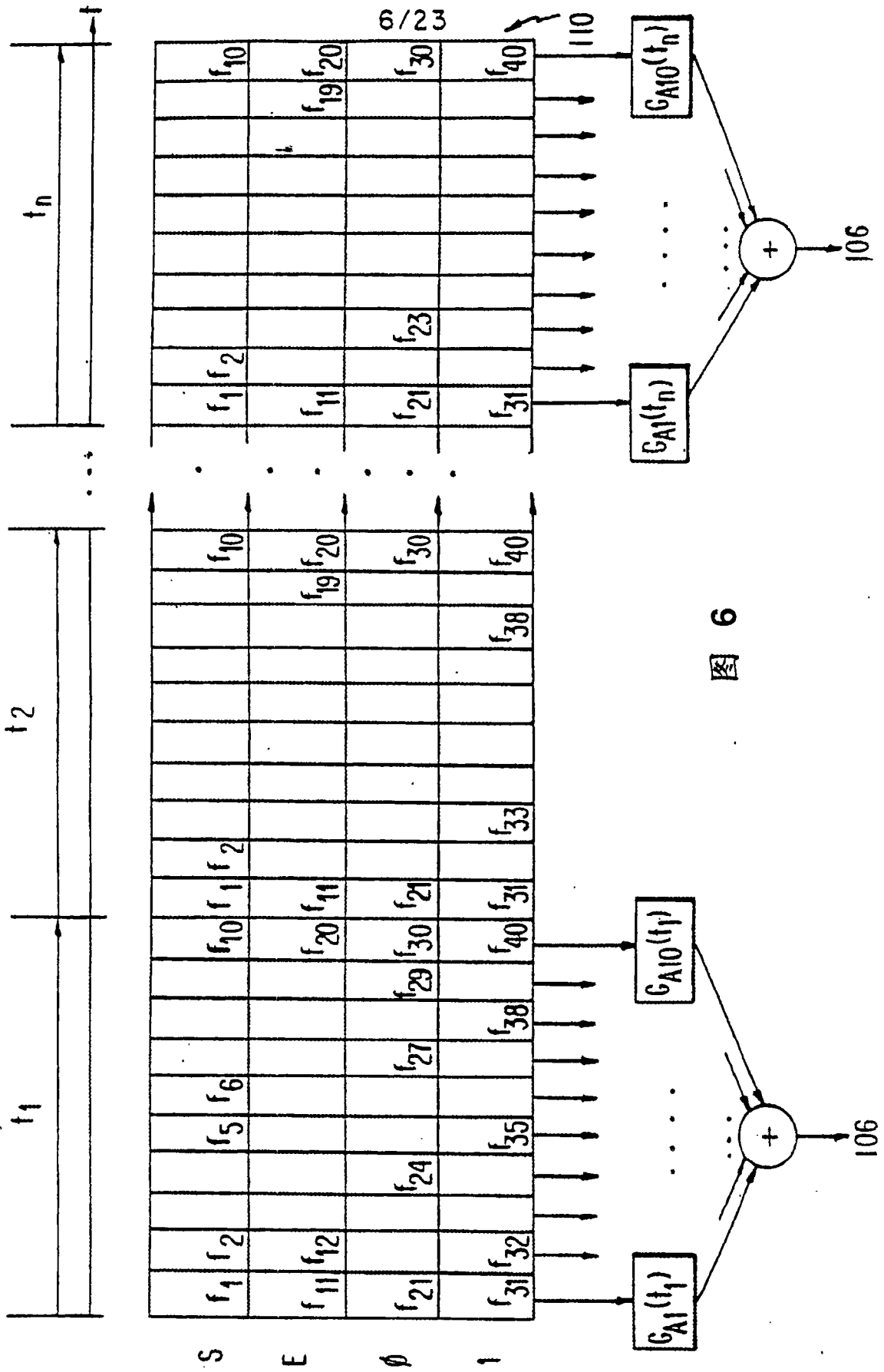


图 6

图 7 A

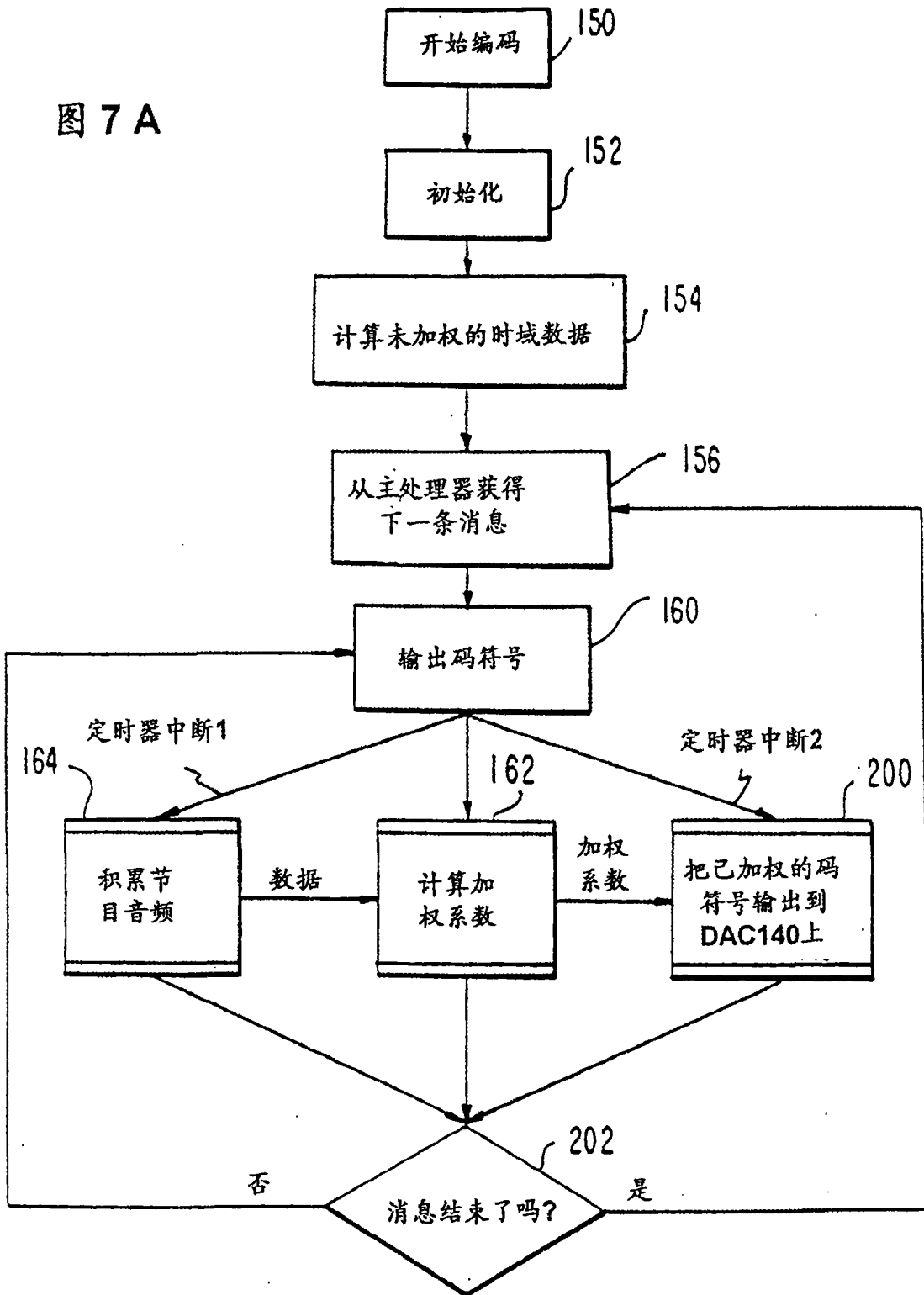


图 7 B

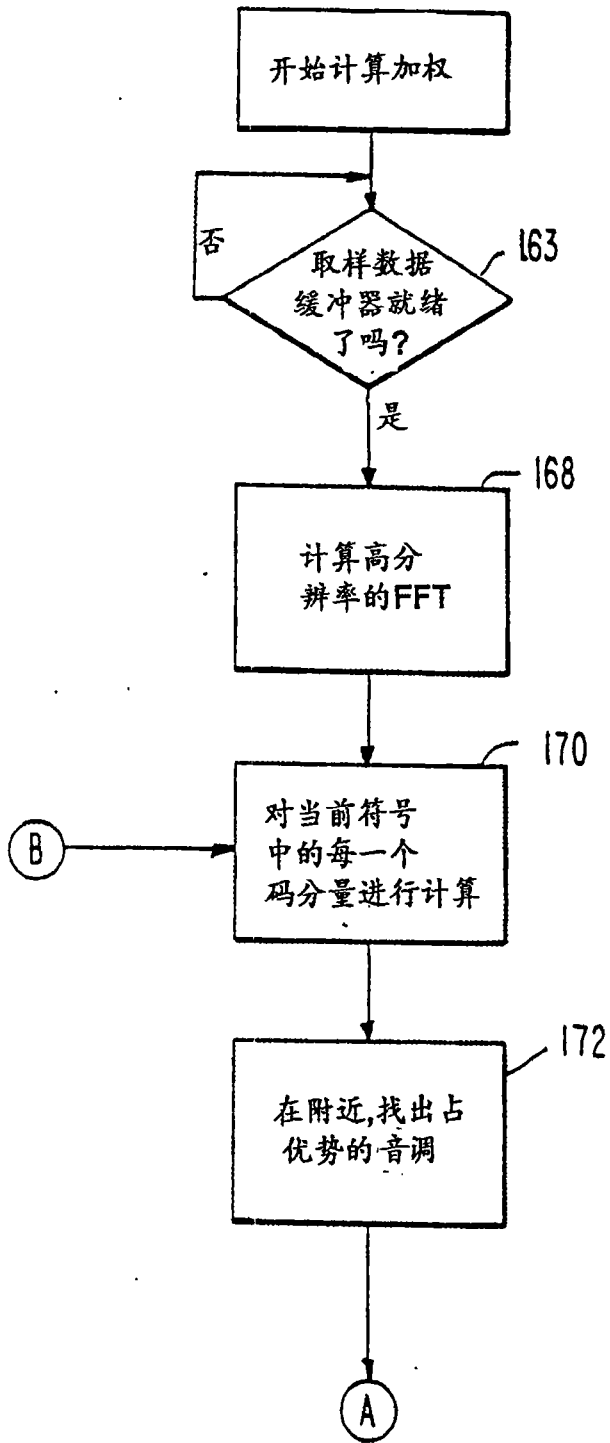
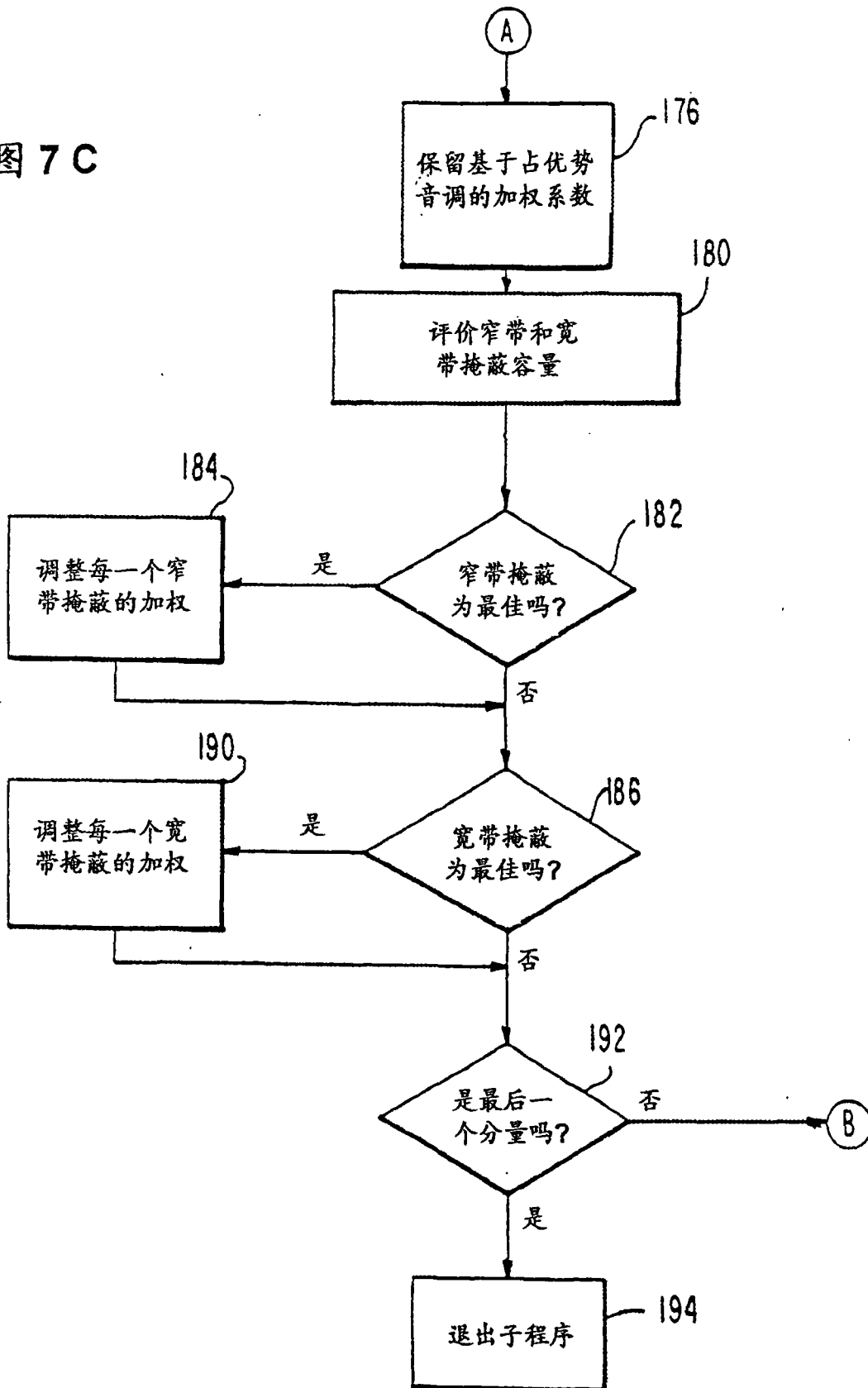


图 7 C



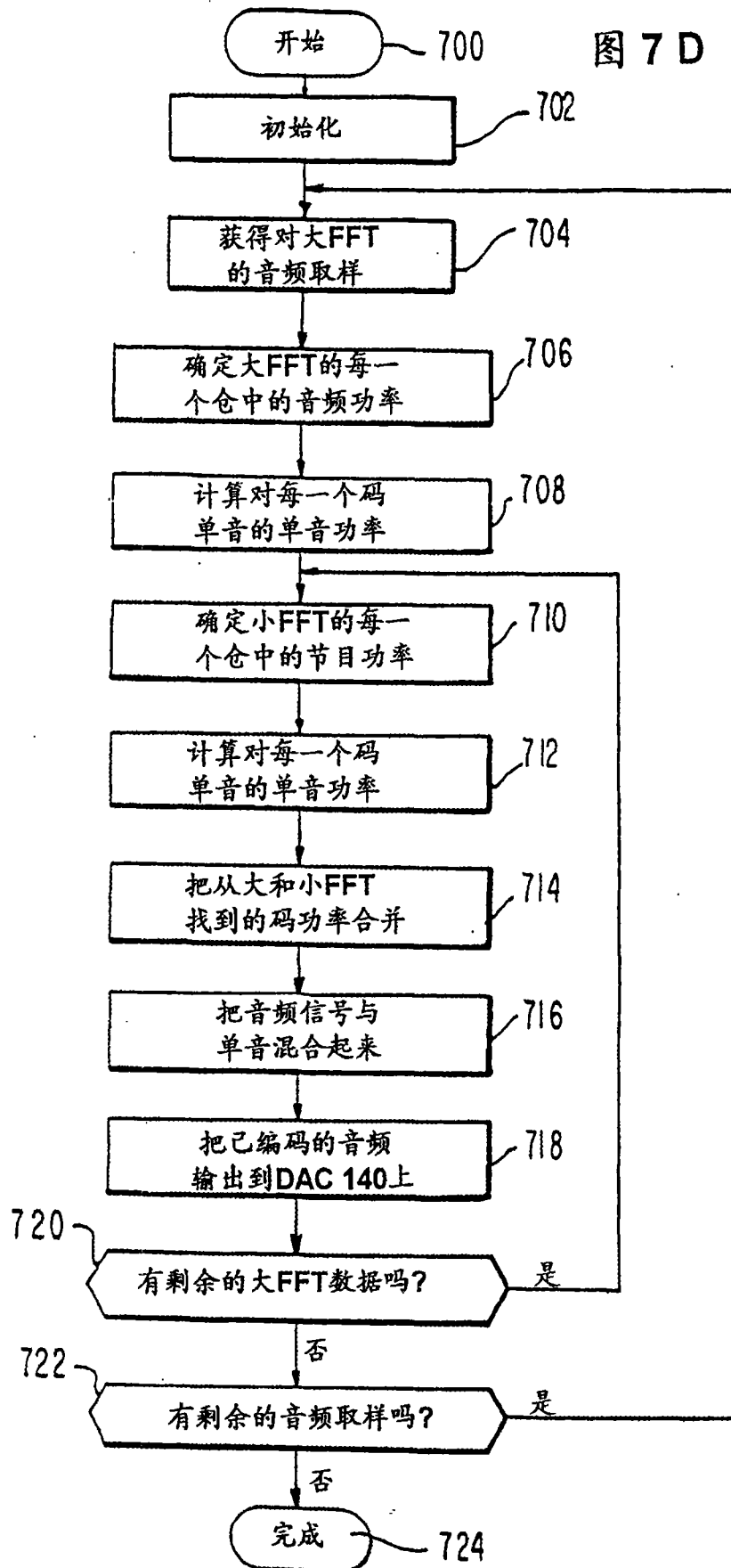


图 7 E

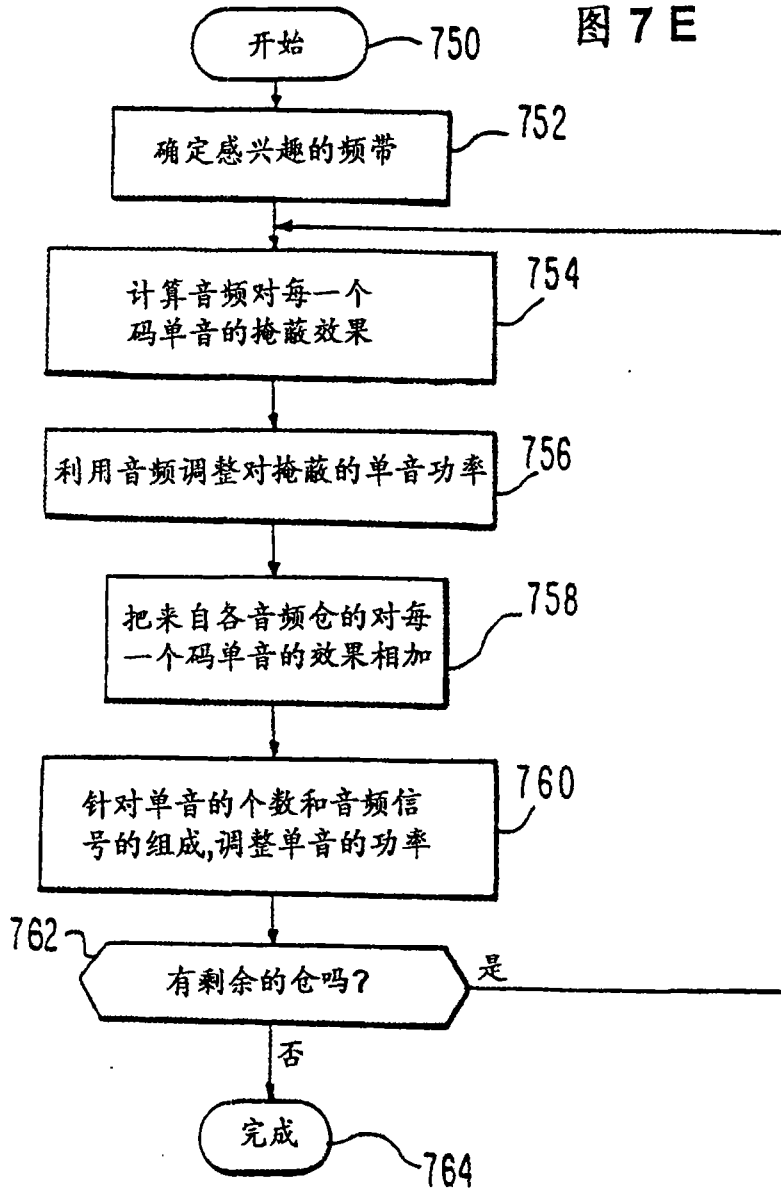
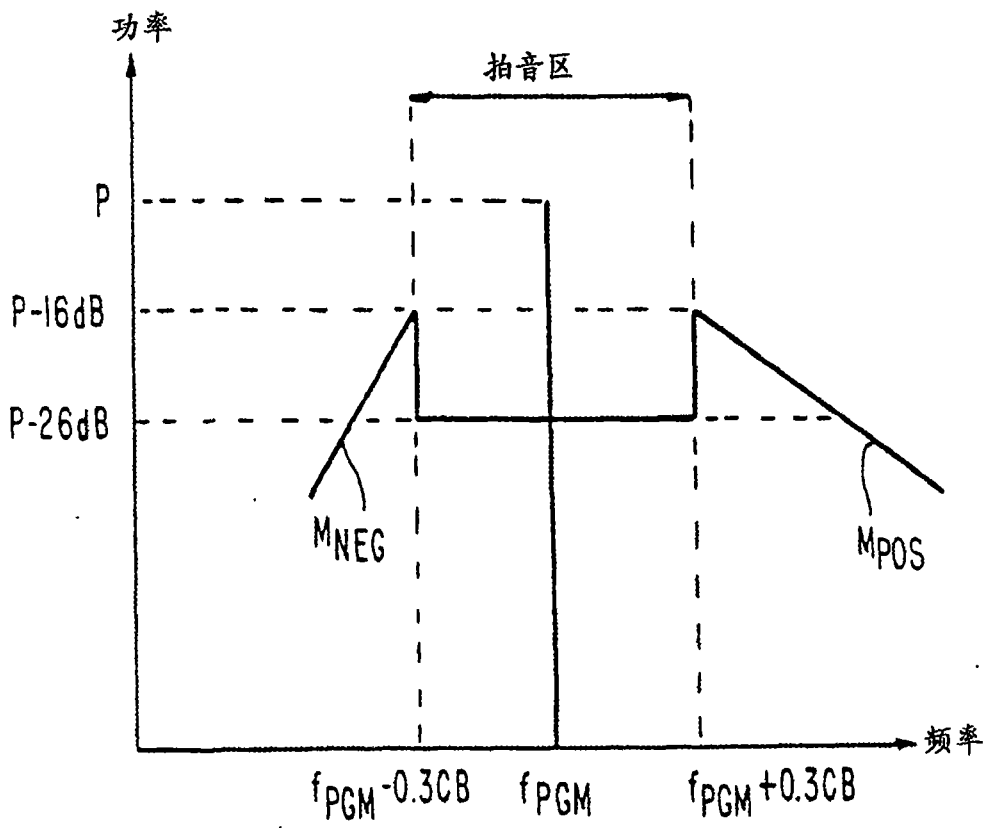
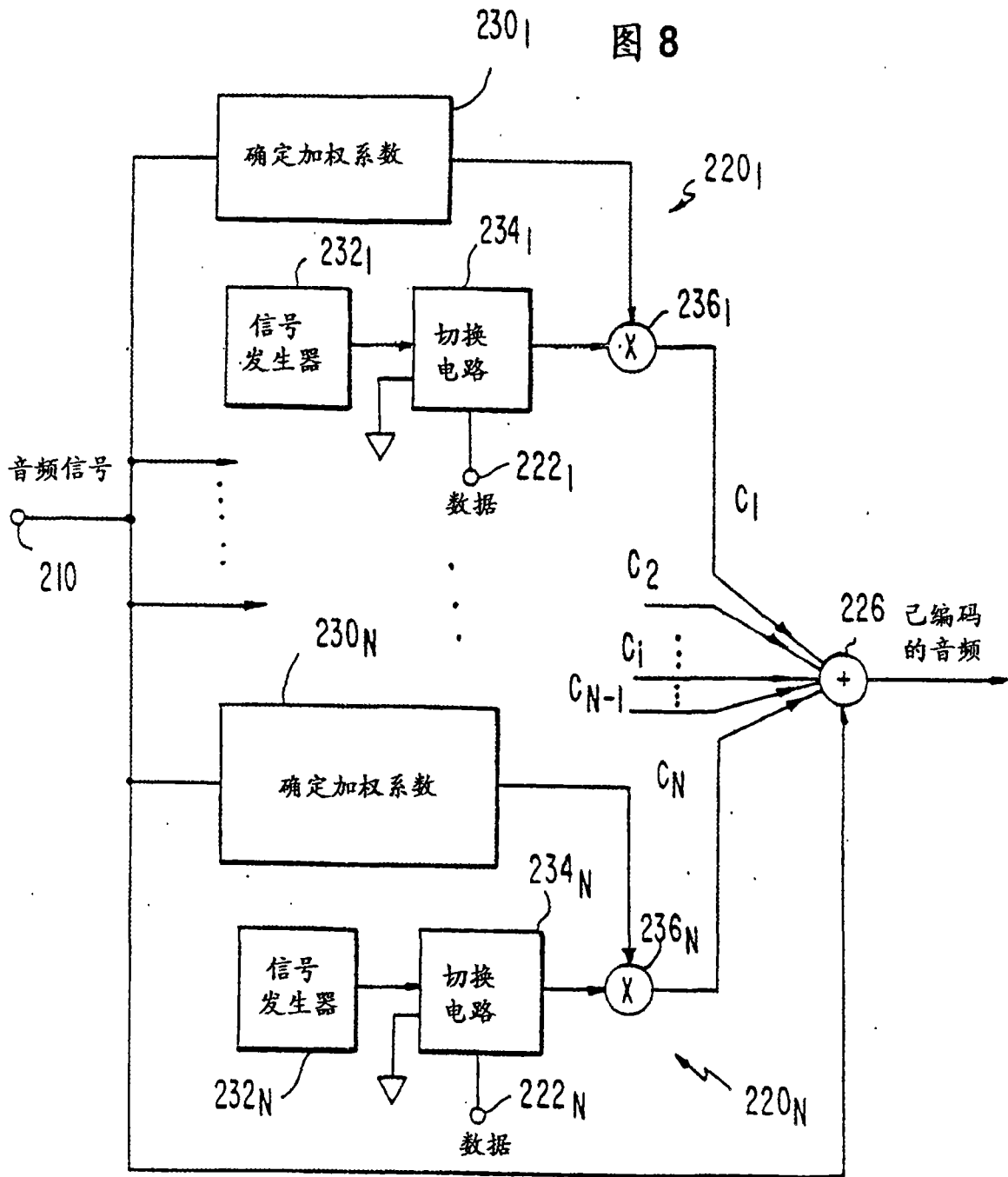


图 7 F





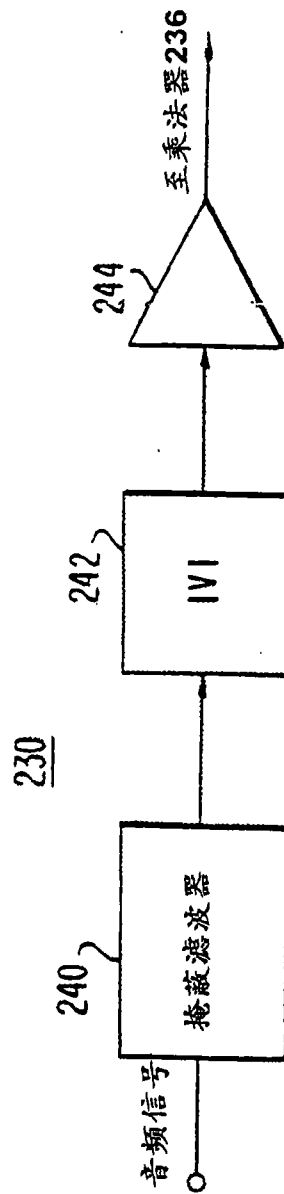
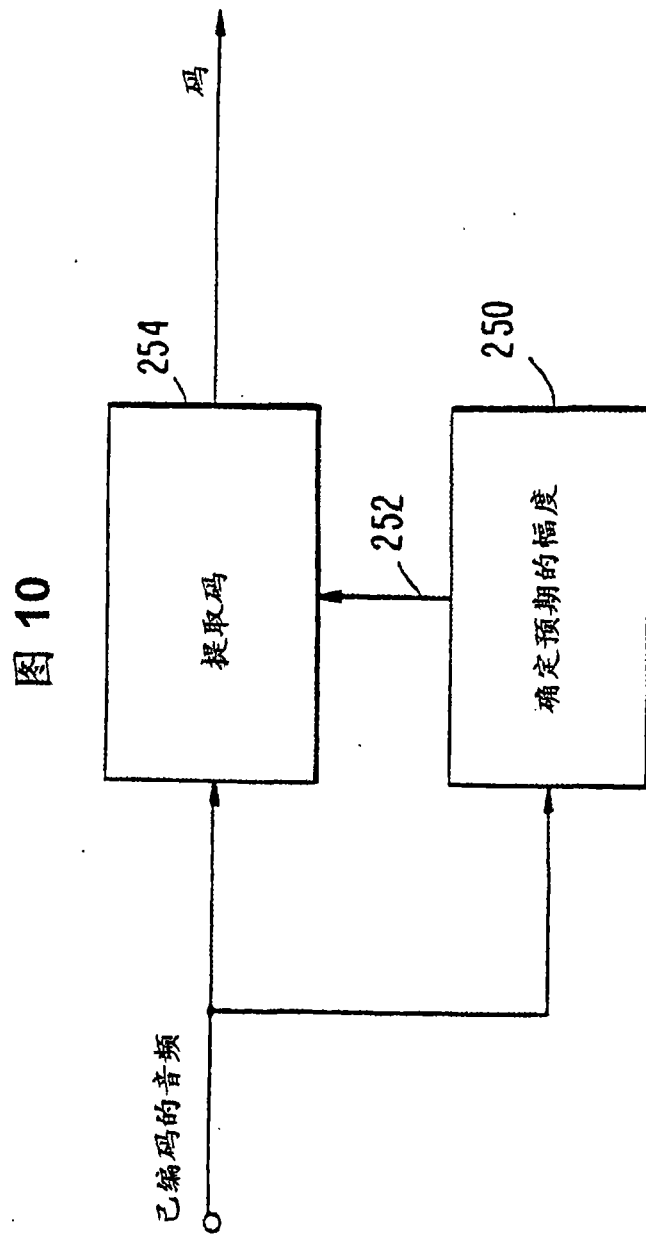


图 9



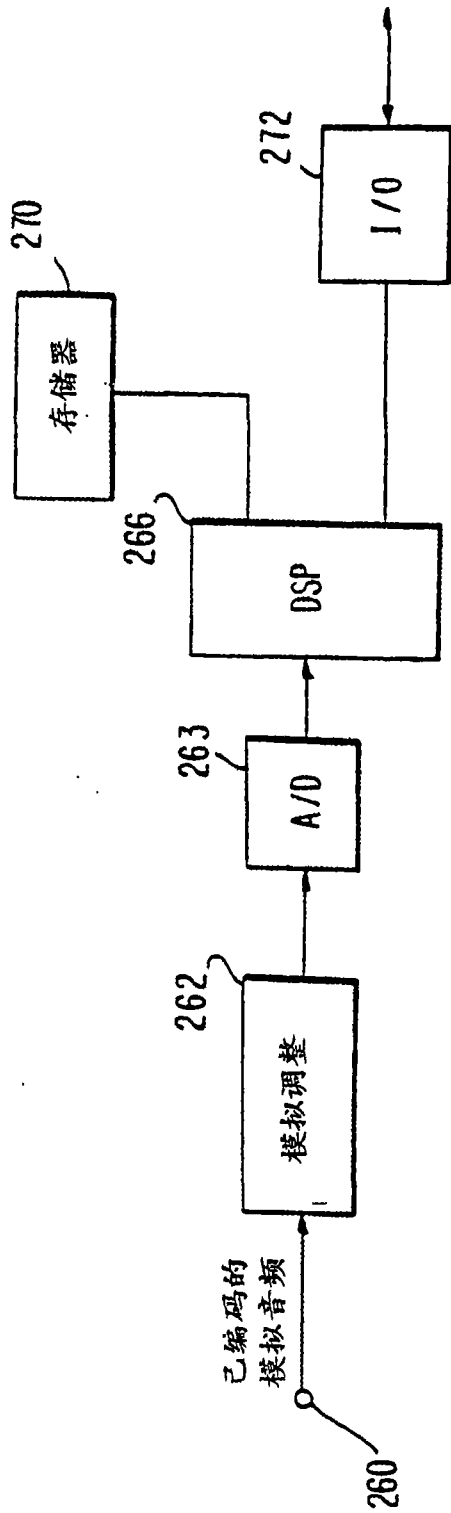


图 11

图 12 A

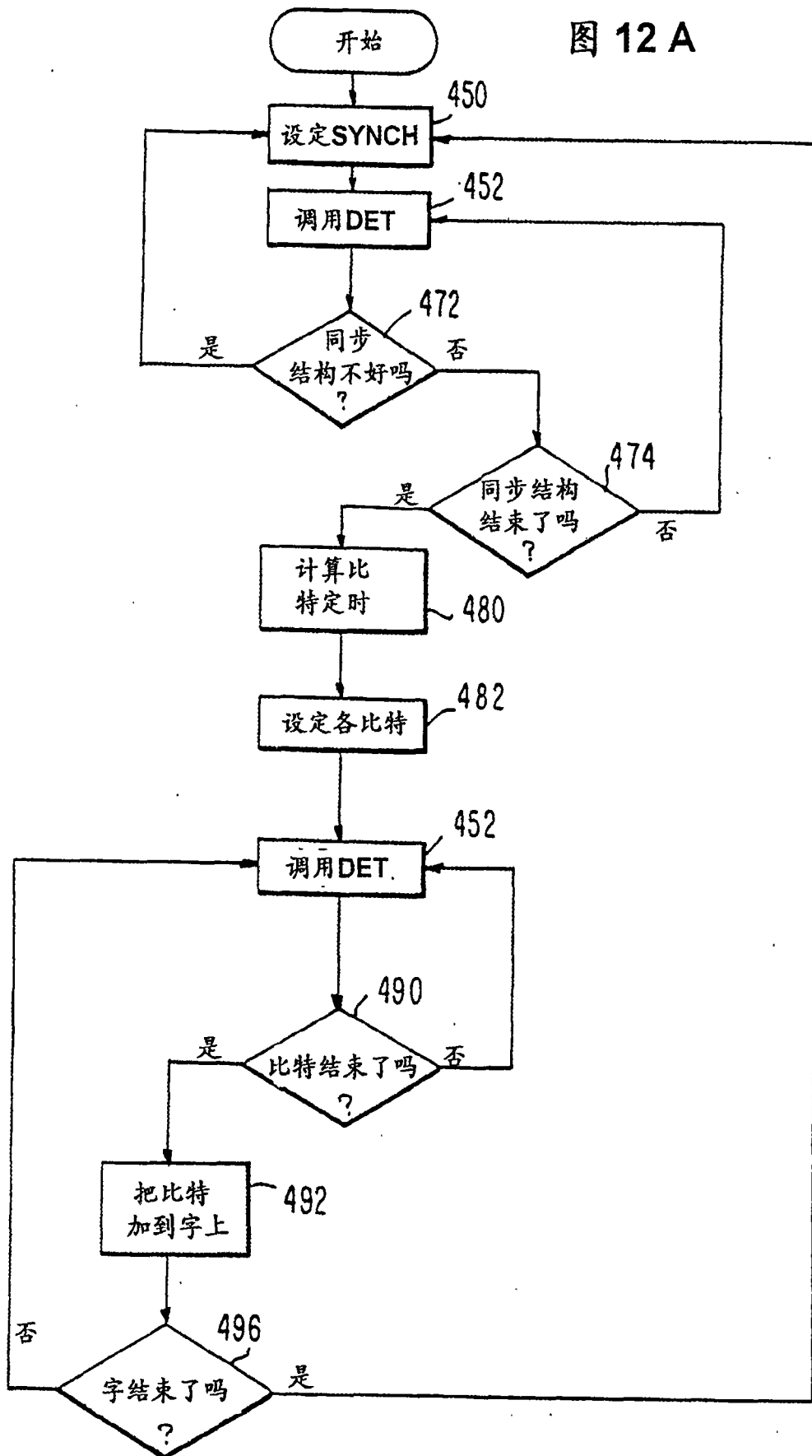
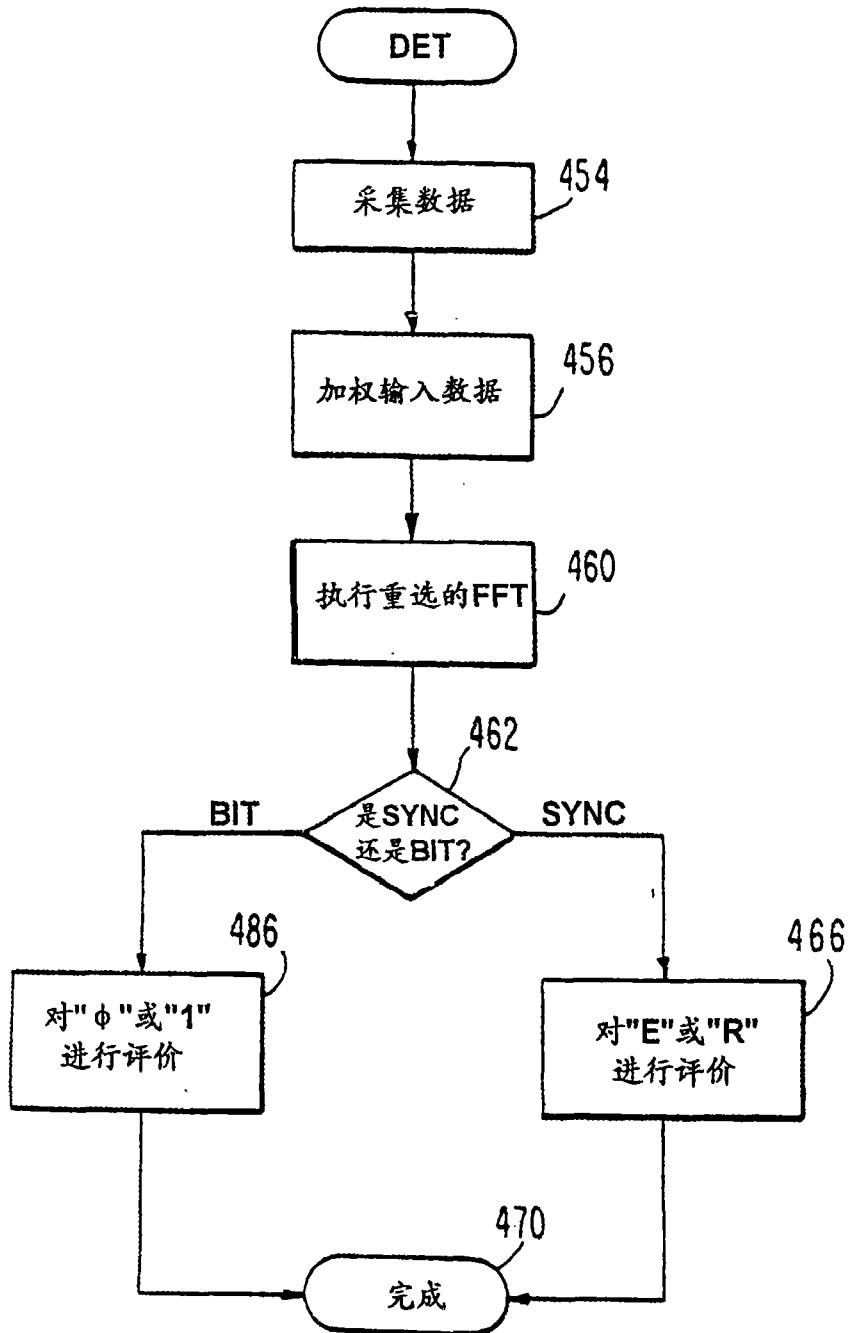


图 12 B



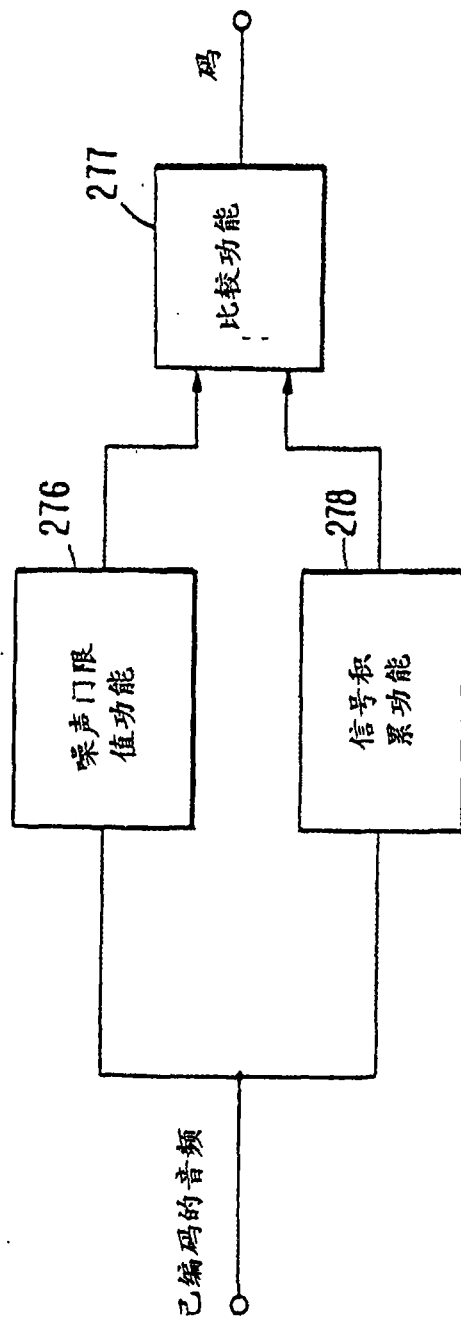


图 13

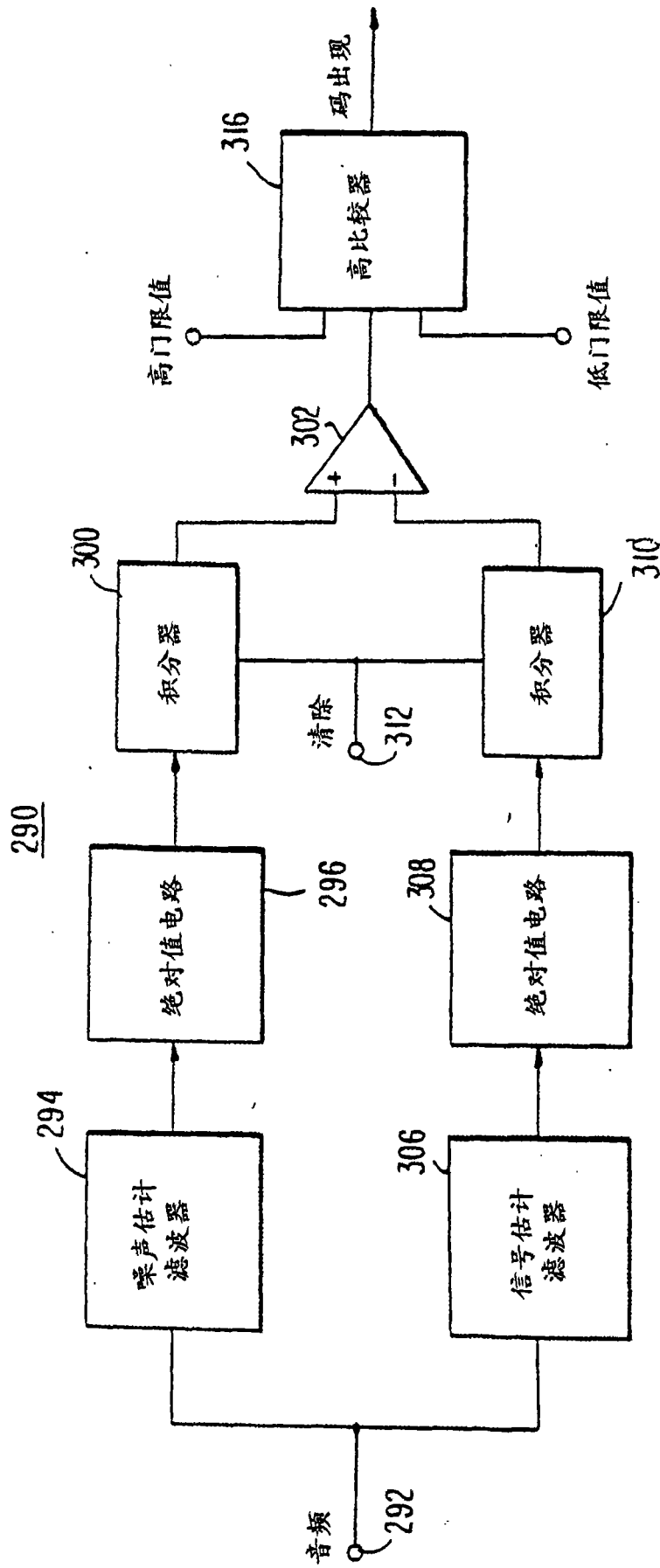


图 15

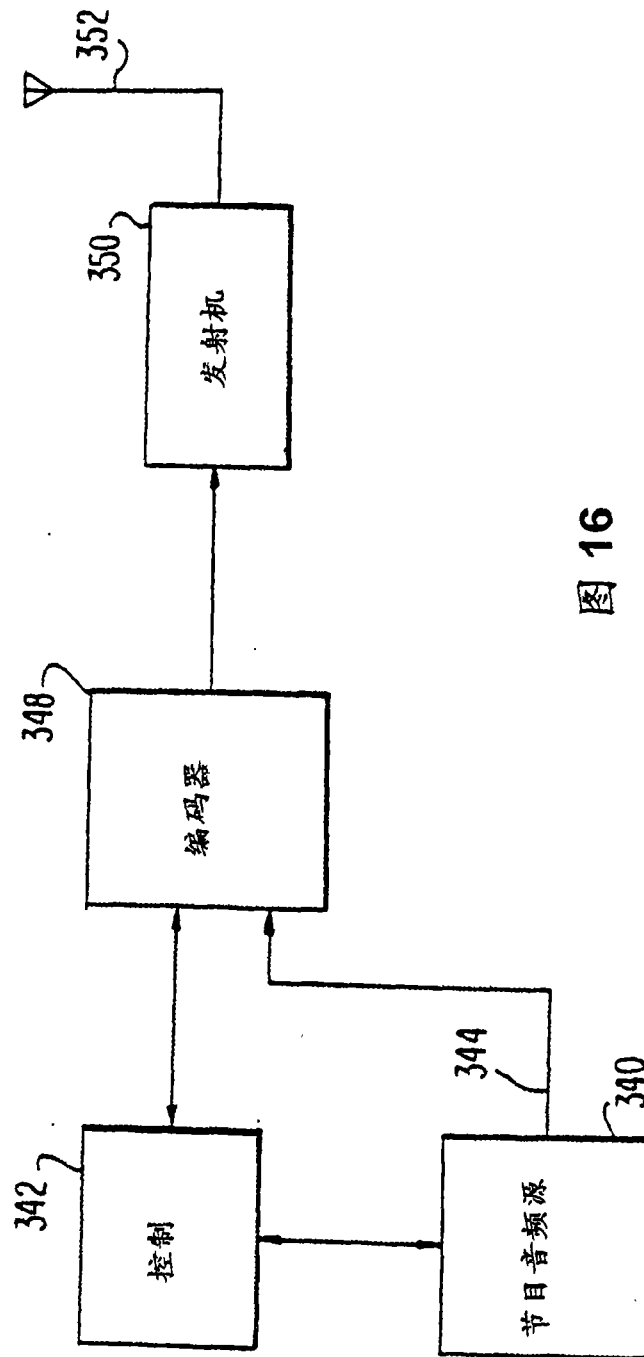


图 16

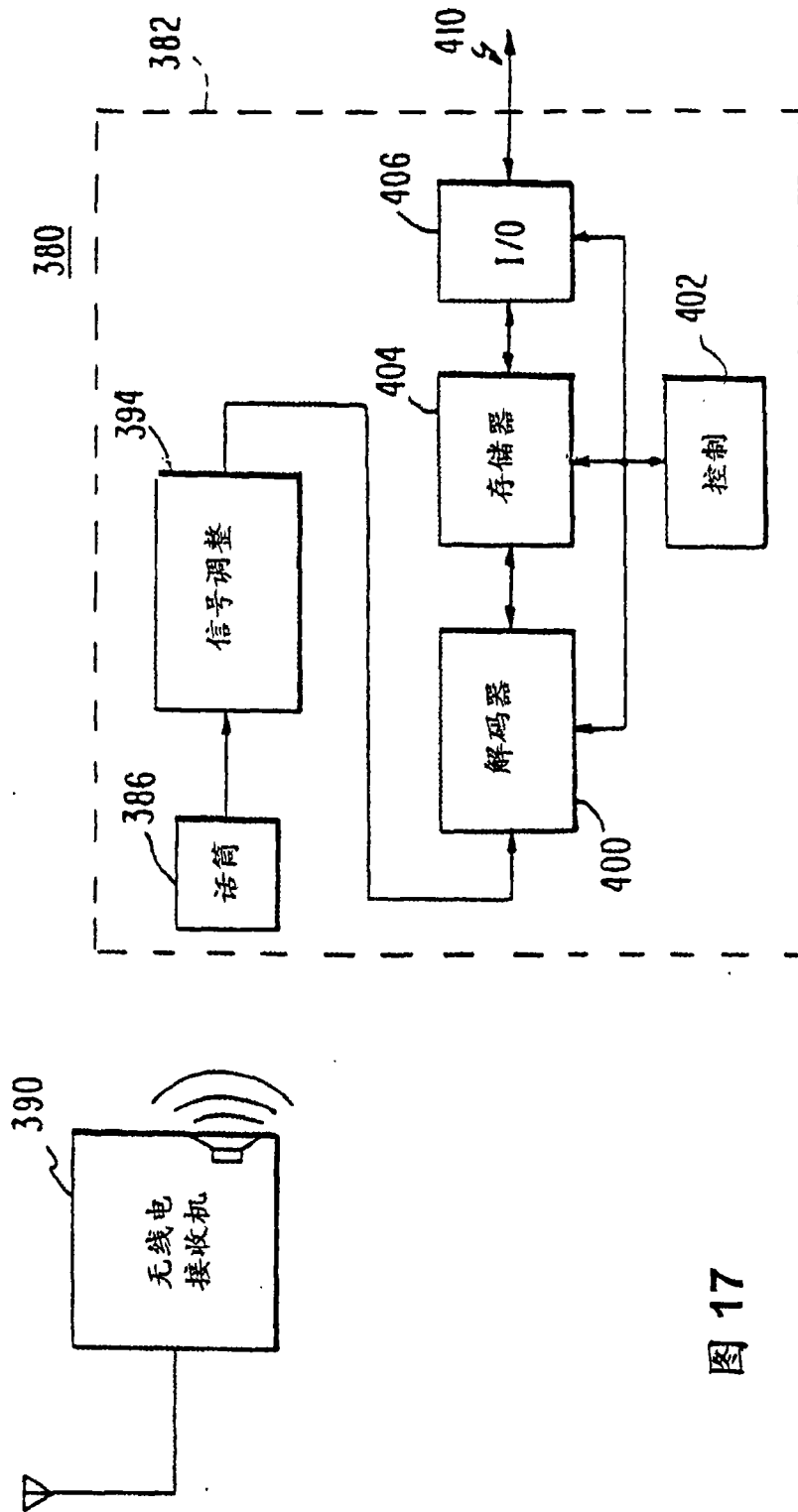


图 17