



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101795140 B

(45) 授权公告日 2013.08.21

(21) 申请号 200910132840.2

CN 1118540 A, 1996.03.13, 1-23.

(22) 申请日 2009.04.16

US 20090031193 A1, 2009.01.29, 全文.

(30) 优先权数据

审查员 孟宪超

61/149,378 2009.02.03 US

(73) 专利权人 慧国(上海)软件科技有限公司

地址 200433 上海市杨浦区国泰路11号A楼
18层

专利权人 慧荣科技股份有限公司

(72) 发明人 杨宗杰

(74) 专利代理机构 上海专利商标事务所有限公

司 31100

代理人 骆希聪

(51) Int. Cl.

H03M 13/00(2006.01)

(56) 对比文件

US 4599722 A, 1986.07.08, 全文.

US 4897839 A, 1990.01.30, 全文.

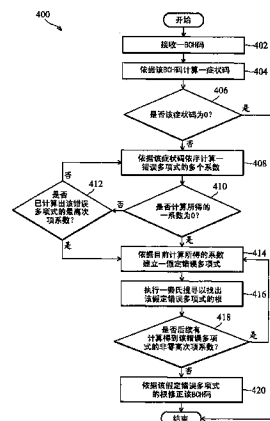
权利要求书2页 说明书5页 附图7页

(54) 发明名称

纠错码的解码方法及电路

(57) 摘要

本发明提供一种纠错码的解码方法及电路。在该方法中,首先,依据该纠错码计算一症状码。接着,依据该症状码依序计算一错误多项式的多个系数。每当计算得到这些系数中的一新产生系数时,检查该新产生系数是否为零。当该新产生系数为零时,依据已计算得到且次数低于该新产生系数的多个低次项系数建立一假定错误多项式。接着,执行一秦氏搜寻以找出该假定错误多项式的根。最后,依据该假定错误多项式的根修正该纠错码。本发明可以大大缩短 BCH 纠错码的解码所需时间,因而提升应用解码电路的系统的效能。



1. 一种纠错码的解码方法,包括下列步骤:
 - 依据一纠错码计算一症状码;
 - 依据该症状码,依照一次项系数进而逐次计算到最高次项系数的次序计算一错误多项式的多个系数;
 - 每当计算得到这些系数中的一新产生系数时,检查该新产生系数是否为零;
 - 当该新产生系数为零时,依据已计算得到且次数低于该新产生系数的多个低次项系数建立一假定错误多项式;
 - 执行一秦氏搜寻以找出该假定错误多项式的根;以及
 - 依据该假定错误多项式的根修正该纠错码。
2. 如权利要求 1 所述的纠错码的解码方法,其特征在于,该方法更包括:
 - 当计算得到这些系数中的次数高于该新产生系数的多个高次项系数时,检查这些高次项系数是否为零;
 - 当这些高次项系数其中之一不为零时,依据这些高次项系数及这些低次项系数建立一第二假定错误多项式;
 - 执行一秦氏搜寻以找出该第二假定错误多项式的根;以及
 - 依据该第二假定错误多项式的根修正该纠错码。
3. 如权利要求 1 所述的纠错码的解码方法,其特征在于,该方法更包括:
 - 每当计算得到这些系数其中之一时,检查这些系数的次数是否为该错误多项式的一最高次数;
 - 当这些系数其中之一的次数为该错误多项式的该最高次数时,依据这些系数建立该错误多项式;
 - 执行一秦氏搜寻以找出该错误多项式的根;以及
 - 依据该错误多项式的根修正该纠错码。
4. 如权利要求 1 所述的纠错码的解码方法,其特征在于,该方法更包括:
 - 当找出该假定错误多项式的根后,检查该假定错误多项式的根的数目是否等于该假定错误多项式的次数;以及
 - 当该假定错误多项式的根的数目等于该假定错误多项式的次数,依据该假定错误多项式的根修正该纠错码。
5. 如权利要求 1 所述的纠错码的解码方法,其特征在于,该方法更包括:
 - 当计算得到该症状码后,检查是否该症状码为零;以及
 - 当该症状码不为零时,启动该错误多项式的这些系数的计算。
6. 一种纠错码的解码方法,包括下列步骤:
 - 依据一纠错码计算一症状码;
 - 依据该症状码,依照一次项系数逐次到最高次项系数的次序计算一错误多项式的多个系数;
 - 每当计算得到这些系数中的一新产生系数时,检查该新产生系数是否为零;
 - 当该新产生系数为零时,依据已计算得到的该错误多项式的部分系数建立一假定错误多项式;
 - 当该错误多项式的这些系数仍未计算完毕时,同时执行一秦氏搜寻以找出一假定错误

多项式的根；以及

依据该假定错误多项式的根修正该纠错码。

7. 一种纠错码的解码电路,包括:

一症状码计算模组,依据一纠错码计算一症状码;

一错误多项式计算模组,当该症状码不为零时,依据该症状码,依照一次项系数逐次到最高次项系数的次序计算一错误多项式的多个系数;

一控制模组,每当计算得到这些系数中的一新产生系数时,检查该新产生系数是否为零,以及当该新产生系数为零时,发送一启动信号;以及

一秦氏搜寻模组,当自该控制模组收到该启动信号时,依据该错误多项式计算模组已计算得到且次数低于该新产生系数的多个低次项系数建立一假定错误多项式,以及执行一秦氏搜寻以找出该假定错误多项式的根,以供该纠错码的错误修正。

8. 如权利要求 7 所述的纠错码的解码电路,其特征在于,当该错误多项式计算模组计算得到这些系数中的次数高于该新产生系数的多个高次项系数时,该控制模组检查这些高次项系数是否为零,以及当这些高次项系数其中之一不为零时,产生一重置信号;而当该秦氏搜寻模组收到该重置信号时,该秦氏搜寻模组依据这些高次项系数及这些低次项系数建立一第二假定错误多项式,并执行一秦氏搜寻以找出该第二假定错误多项式的根,以供修正该纠错码。

9. 如权利要求 7 所述的纠错码的解码电路,其特征在于,每当该错误多项式计算模组计算得到这些系数时,该控制模组检查这些系数其中之一的次数是否为该错误多项式的一最高次数,以及当这些系数其中之一的次数为该错误多项式的该最高次数时,该控制模组产生该启动信号;当该秦氏搜寻模组收到该启动信号时,该秦氏搜寻模组依据这些系数建立该错误多项式,并执行一秦氏搜寻以找出该错误多项式的根,以供修正该纠错码。

纠错码的解码方法及电路

技术领域

[0001] 本发明是有关于纠错码,特别是有关于纠错码的解码方法及电路。

背景技术

[0002] 纠错码 (error correction code) 是用于修正资料的错误。通信系统所传输的资料于传输端传送前经常事先被编码为纠错码。当接收端收到纠错码资料时,即使资料于传输过程中遭受损毁而产生随机错误,也可借解码纠错码而回复正确的资料。同样的,资料储存系统亦经常在储存资料前将所储存的资料编码为纠错码。当资料于储存过程中遭受损毁而产生随机错误时,亦可借解码纠错码而回复正确的资料。常见的纠错码如 BCH 码 (Bose, Ray-Chaudhuri, and Hocquenghem code) 及 RS 码 (Reed-Solomon code)。BCH 码常用于闪存资料的储存,而 RS 码常用于光碟资料的储存。

[0003] 当资料储存系统欲取出其所储存的资料时,所取出的为编码后的纠错码,因此在资料使用前必须先将纠错码解码,以还原为原始资料。图 1 为解码纠错码的现有方法 100 的流程图。此处以 BCH 码为纠错码的示例以进行说明。首先,解码电路接收一 BCH 码 (步骤 102)。接着,解码电路依据该 BCH 码计算一症状码 (syndrome) (步骤 104)。接着,解码电路检查是否该症状码为零 (步骤 106)。若症状码为零,表示该 BCH 码没有发生错误,因此不需进一步的修正。反之,若症状码不为零,表示 BCH 码有错误发生,因此必须对 BCH 码进行修正。

[0004] 首先,解码电路依据该症状码依次计算一错误多项式 (error-location polynomial) 的多个系数 (步骤 108)。该错误多项式的系数的计算是以回圈的方式,逐次产生由低次系数直到高次系数。因此,必须持续回圈执行步骤 108 到产生该错误多项式的最高次系数为止,才将系数计算完毕,而得到完整的错误多项式 (步骤 110)。接着,解码电路执行一秦氏搜寻 (Chien search) 以找出该错误多项式的根 (步骤 112)。该错误多项式的根便指示 BCH 码中发生错误的位元的位置,因此解码电路便可依据该错误多项式的根修正该 BCH 码 (步骤 114),而得到无错误的 BCH 码。

[0005] 图 2 显示现有解码纠错码的时序图。自时点 t_a 开始,解码电路首先于时段 T_1 中计算纠错码的症状码 (步骤 202)。自时点 t_b 开始,解码电路接着于时段 T_2 中依据症状码计算纠错码的错误多项式的系数 (步骤 204)。自时点 t_c 开始,解码电路接着于时段 T_3 中进行秦氏搜寻以找出错误多项式的根,而得到纠错码的错误位元的位置 (步骤 206)。因此,解码纠错码的整个时程需要 $(T_1+T_2+T_3)$ 的时间。

[0006] 由于解码纠错码是通讯系统的接收端、及光盘机或闪存读取资料的必要步骤,因此若加速纠错码的解码会大大提升通讯系统及如光盘机或闪存的数据储存系统的效能。然而,由于资料错误是随机发生,图 2 的步骤 202、204、206 的需要时间 T_1 、 T_2 、 T_3 很难大幅缩短。因此,需要一种加速纠错码的解码的方法,以提升对纠错码进行解码的通讯系统及资料储存系统的效能。

发明内容

[0007] 有鉴于此,本发明的目的在于提供一种纠错码 (error correction code) 的解码方法,以解决现有技术存在的问题。首先,依据该纠错码计算一症状码 (syndrome)。接着,依据该症状码依序计算一错误多项式 (error-location polynomial) 的多个系数。每当计算得到这些系数中的一新产生系数时,检查该新产生系数是否为零。当该新产生系数为零时,依据已计算得到且次数低于该新产生系数的多个低次项系数建立一假定错误多项式。接着,执行一秦氏搜寻 (Chien search) 以找出该假定错误多项式的根。最后,依据该假定错误多项式的根修正该纠错码。

[0008] 本发明更提供一种纠错码 (error correction code) 的解码方法。首先,依据一纠错码计算一症状码 (syndrome)。接着,依据该症状码依序计算一错误多项式 (error-location polynomial) 的多个系数。当该错误多项式的这些系数仍未计算完毕时,同时执行一秦氏搜寻 (Chien search) 以找出一假定错误多项式的根,其中该假定错误多项式是依据已计算得到的该错误多项式的部分系数而决定。最后,依据该假定错误多项式的根修正该纠错码。

[0009] 本发明提供一种纠错码 (error correction code) 的解码电路。于一实施例中,该解码电路包括一症状码计算模组、一错误多项式计算模组、一控制模组、以及一秦氏搜寻 (Chien search) 模组。该症状码计算模组依据一纠错码计算一症状码 (syndrome)。当该症状码不为零时,该错误多项式计算模组依据该症状码依序计算一错误多项式 (error-location polynomial) 的多个系数。每当该错误多项式计算模组计算得到这些系数中的一新产生系数时,该控制模组检查该新产生系数是否为零,以及当该新产生系数为零时,发送一启动信号。当自该控制模组收到该启动信号时,该秦氏搜寻模组依据该错误多项式计算模组已计算得到且次数低于该新产生系数的多个低次项系数建立一假定错误多项式,以及执行一秦氏搜寻以找出该假定错误多项式的根,以供该纠错码的错误修正。

附图说明

[0010] 为了让本发明的上述目的、特征和优点能更明显易懂,以下结合附图对本发明的具体实施方式作详细说明,其中:

[0011] 图 1 为解码纠错码的现有方法的流程图;

[0012] 图 2 显示现有解码纠错码的时序图;

[0013] 图 3 为依据本发明的纠错码的解码电路的区块图;

[0014] 图 4 为依据本发明的纠错码的解码方法的流程图;

[0015] 图 5 为依据本发明的解码电路运作的示意图;

[0016] 图 6 为纠错码资料中出现错误位元的数目的机率示意图;以及

[0017] 图 7 为依据本发明解码纠错码的时序图。

[0018] 主要元件符号说明:

[0019] 300 ~ 解码电路;

[0020] 302 ~ 症状码计算模组;

[0021] 304 ~ 错误多项式计算模组;

[0022] 308 ~ 控制模组;

[0023] 306 ~ 秦氏搜寻模组 ; 以及

[0024] 310 ~ 错误修正模组。

具体实施方式

[0025] 图 3 为依据本发明的纠错码的解码电路 300 的区块图。于一实施例中, 解码电路 300 包括症状码计算电路 302、错误多项式计算模组 304、秦式搜寻模组 306、控制模组 308、以及错误修正模组 310。图 4 为依据本发明的纠错码的解码方法 400 的流程图。解码电路 300 是依据图 4 的方法 400 运作, 以对 BCH 纠错码进行解码。于后续的实施例中, 纠错码均以 BCH 码为释例, 但本发明的方法电路同样适用于 RS 码。解码电路 300 依据方法 400 运作时, 可以大大缩短 BCH 纠错码的解码所需时间, 因而提升应用解码电路 300 的系统的效能。

[0026] 首先, 症状码计算模组 302 接收一 BCH 码 (步骤 402)。接着, 症状码计算模组 302 依据该 BCH 码计算一症状码 (syndrome) (步骤 404)。接着, 症状码计算模组 302 检查是否计算得到的该症状码为 0 (步骤 406)。若症状码为 0, 表示该 BCH 码未发生错误, 因此不需要对 BCH 码进行修正。若症状码不为 0, 表示该 BCH 码发生错误, 需要对 BCH 码进行修正。因此, 当症状码不为 0 时, 症状码计算模组 302 将计算得到的该症状码递送至错误多项式计算模组 304, 以进行错误多项式 (error-location polynomial) 的计算。

[0027] 接着, 错误多项式计算模组 304 依据症状码依序计算错误多项式的多个系数 $\Lambda_1, \Lambda_2, \dots, \Lambda_t$ (步骤 408)。于一实施例中, 错误多项式计算模组 304 对这些系数的计算的次序是依照错误多项式的一次项系数 Λ_1 、二次项系数 Λ_2 、进而逐次计算到一最高次项系数 Λ_t 。每当错误多项式计算模组 304 执行一次回圈, 才会产生错误多项式的一个 i 次项系数 Λ_i 。错误多项式计算模组 304 将持续运作, 直到错误多项式的所有系数 $\Lambda_1, \Lambda_2, \dots, \Lambda_t$ 均计算完毕为止。因此, 当错误多项式计算模组 304 计算完毕, 可得到如下式的错误多项式:

[0028] $1 + \Lambda_1 x + \Lambda_2 x^2 + \dots + \Lambda_i x^i + \dots + \Lambda_t x^t$ 。

[0029] 于图 1、图 2 的现有解码方式 100 中, 错误多项式计算模组必须将错误多项式的所有系数 $\Lambda_1, \Lambda_2, \dots, \Lambda_t$ 均计算完毕, 才会进行秦式搜寻, 以找出错误多项式的根。然而, 于依据本发明的解码方法 400 下, 不须等到错误多项式计算模组 304 将错误多项式的所有系数 $\Lambda_1, \Lambda_2, \dots, \Lambda_t$ 均计算完毕, 便可进行秦式搜寻, 以节省解码过程的整体时间。

[0030] 首先, 每当错误多项式计算模组 304 计算得到错误多项式的一个 i 次项系数 Λ_i 时 ($i \geq 2$), 控制模组 308 便检查计算所得的系数 Λ_i 是否为零 (步骤 410)。若计算所得的系数 Λ_i 为零, 控制模组 308 便对秦氏搜寻模组 306 发送一启动信号, 以使秦氏搜寻模组 306 依据目前错误多项式计算模组 304 已计算得到的错误多项式的部分系数, 进行秦式搜寻。此时, 由于错误多项式计算模组 304 尚未对错误多项式的系数计算完毕, 借着提前进行秦式搜寻的时间, 便可减少解码过程所需的整体时间。若计算所得的系数 Λ_i 不为零, 控制模组 308 便检查是否错误多项式计算模组 304 已计算出该错误多项式的最高次项系数 Λ_t (步骤 412)。若如此, 控制模组 308 便对秦氏搜寻模组 306 发送一启动信号, 以使秦氏搜寻模组 306 依据错误多项式的所有系数, 进行秦式搜寻。

[0031] 接着, 当秦式搜寻模组 306 自控制模组 308 收到启动信号, 秦氏搜寻模组 306 便依据目前计算所得的系数建立一假定错误多项式 (步骤 414)。由于错误多项式计算模组 304 计算错误多项式的系数的次序是依照一次项系数 Λ_1 进而逐次计算到最高次项系数 Λ_t , 因

此当秦氏搜寻模组 306 收到启动信号时,目前错误多项式计算模组 304 已计算得到的错误多项式的部分系数为 $\Lambda_1, \Lambda_2, \dots, \Lambda_i, \dots, \Lambda_k$, 则秦氏搜寻模组 306 所建立的假定错误多项式如下式:

$$[0032] \quad 1 + \Lambda_1 x + \Lambda_2 x^2 + \dots + \Lambda_i x^i + \dots + \Lambda_k x^k。$$

[0033] 接着,秦氏搜寻模组 306 执行一秦氏搜寻 (Chern search), 以找出该假定错误多项式的根 (步骤 416)。此时,错误多项式计算模组 304 仍持续计算错误多项式的高次项系数, 而控制模组 308 则仍持续检查是否新计算得到的这些高次项系数为零。若控制模组 308 发现错误多项式计算模组 304 后续有计算得到错误多项式的非零高次项系数 (步骤 418), 则控制模组 308 产生一重置 (reset) 信号。而当秦氏搜寻模组 306 收到该重置信号时, 秦氏搜寻模组 306 依据错误多项式计算模组 304 目前计算所得的所有系数建立一第二假定错误多项式 (步骤 414), 并执行一秦氏搜寻以找出该第二假定错误多项式的根 (步骤 416)。最后, 由于假定错误多项式或第二假定错误多项式的根皆指示 BCH 纠错码中发生错误位元的位置, 错误修正模组 310 便依据这些假定错误多项式的根修正该 BCH 码 (步骤 420), 以得到正确的 BCH 码。

[0034] 图 5 为依据本发明的解码电路 300 运作的示意图。首先, 症状码计算模组 302 计算症状码 (步骤 502)。接着, 错误多项式计算模组 304 逐次计算出错误多项式的一次项系数 Λ_1 (步骤 504)、二次项系数 Λ_2 (步骤 504)、三次项系数 Λ_3 (步骤 508), 直到最终计算得到最高 t 次项系数 Λ_t (步骤 510)。当错误多项式计算模组 304 计算出错误多项式的系数时, 控制模组 308 检查是否错误多项式计算模组 304 计算出的 i 次项系数 Λ_i 是否为 0 ($i \geq 2$), 若如此便指示秦氏搜寻模组 306 开始进行秦氏搜寻 (步骤 512)。当秦氏搜寻模组 306 开始进行秦氏搜寻后, 若控制模组 308 发现错误多项式计算模组 304 新计算出错误多项式的非零高次系数 Λ_j 时 ($i < j \leq t$), 控制模组 308 重置秦氏搜寻模组 306 并重新开始执行秦氏搜寻 (步骤 512)。最后, 若秦氏搜寻模组 306 无法找到根, 表示解码有误 (步骤 514)。若秦氏搜寻模组 306 成功地找到假定错误多项式的根, 且根的数目为假定错误多项式的次数, 则表示解码成功 (步骤 516)。

[0035] 图 6 为纠错码资料中出现错误位元的数目的机率示意图。由图中可见, 当错误位元的数目愈大, 发生的机率愈小。亦即, 大部分的纠错码资料均仅存在少数的错误位元。由于错误多项式的根的数目, 亦即错误多项式的次数, 是表示纠错码资料的错误位元数目, 因此当错误多项式计算模组 304 计算错误多项式的系数时, 经常高次项系数都为零。换句话说, 在大部分的情况下, 现有的纠错码的解码方法 200 浪费了许多时间进行错误多项式的高次项系数的计算。然而, 本发明的解码电路 300 只要一计算得到错误多项式的零系数, 便开始进行秦氏搜寻。除了少数的多个错误位元发生的情况, 在大部分的状况下, 本发明的解码电路 300 都可有效的进行纠错码的错误修正, 并节省解码纠错码的所需时间。

[0036] 图 7 为依据本发明解码纠错码的时序图。自时点 t_a 开始, 解码电路 300 首先于时段 T_1 中计算纠错码的症状码 (步骤 702)。自时点 t_b 开始, 解码电路 300 接着于时段 T_2 中依据症状码计算纠错码的错误多项式的系数 (步骤 704)。然而, 自时点 t_c 开始, 解码电路 300 在错误多项式的系数尚未计算完毕的情况下, 便于时段 T_3 中进行秦氏搜寻以找出假定错误多项式的根, 而得到纠错码的错误位元的位置 (步骤 706), 以供修正纠错码。因此, 解码纠错码的整个时程仅需要 ($T_1 + T_2 + T_3$) 的时间。与图 2 的现有纠错码解码所需的时间 ($T_1 + T_2 + T_3$)

相比,节省了时段 T_4 ,而提升的解码电路的效能。

[0037] 虽然本发明已以较佳实施例揭示如上,然其并非用以限定本发明,任何本领域技术人员,在不脱离本发明的精神和范围内,当可作些许的修改和完善,因此本发明的保护范围当以权利要求书所界定的为准。

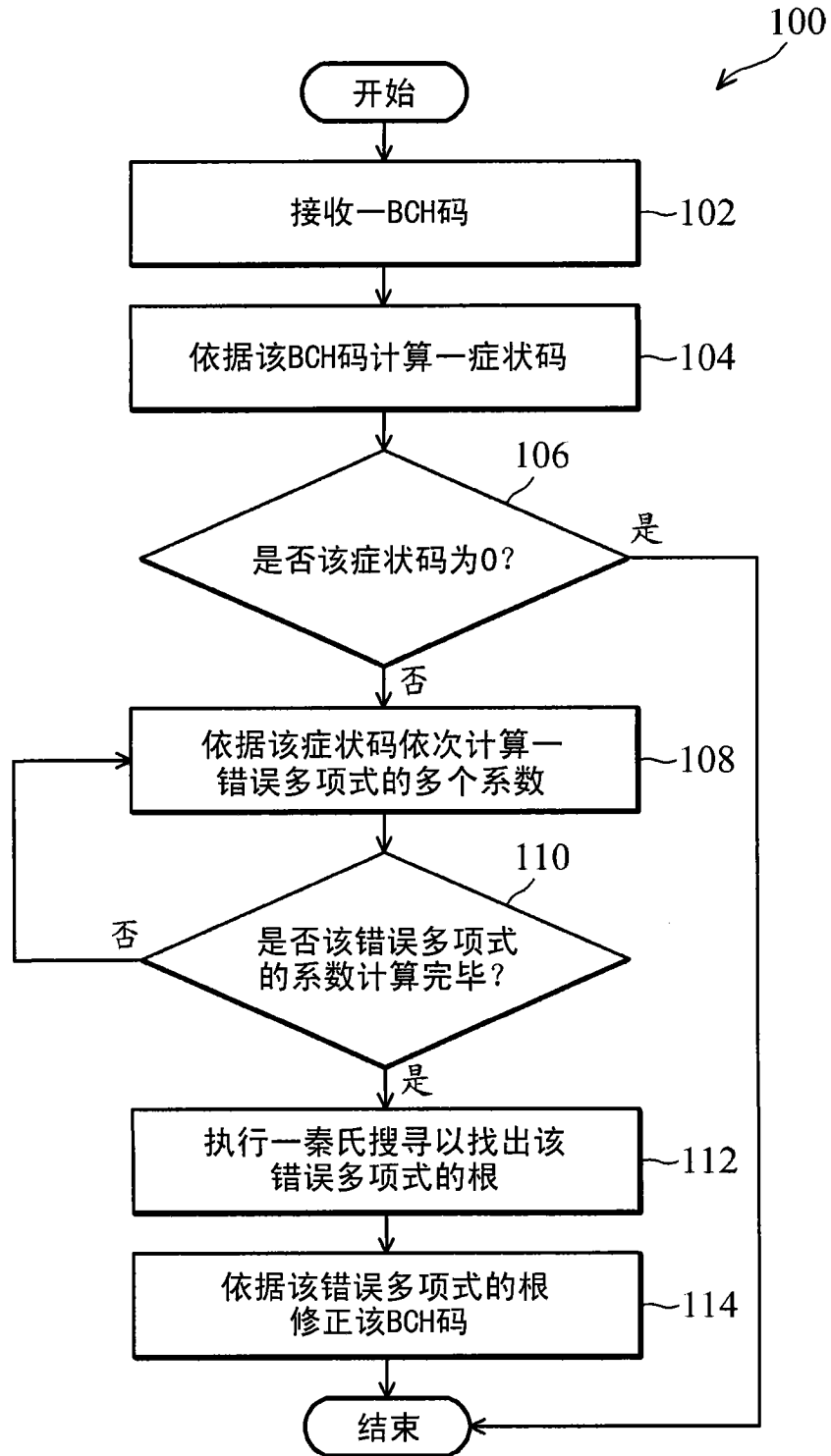


图 1

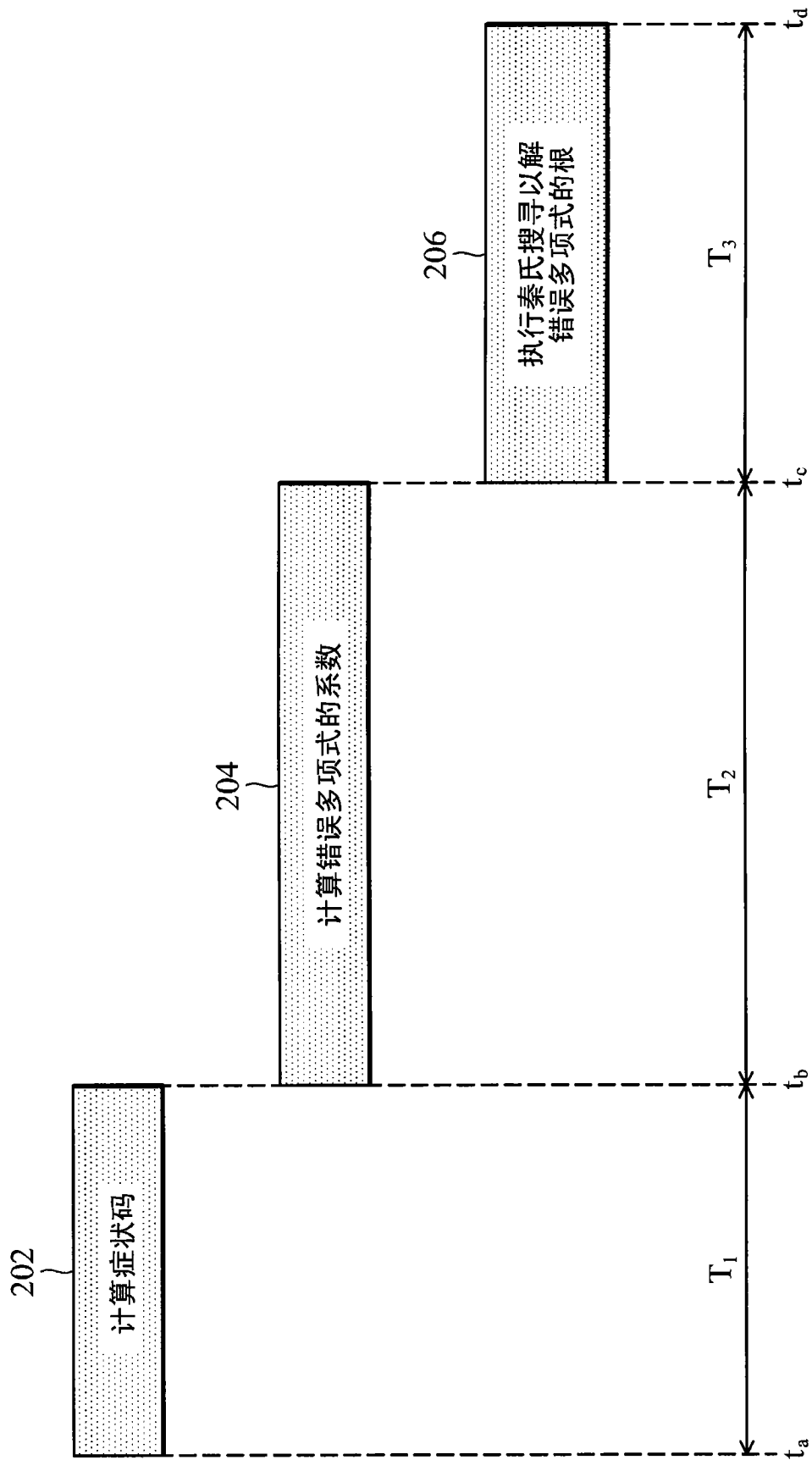


图 2

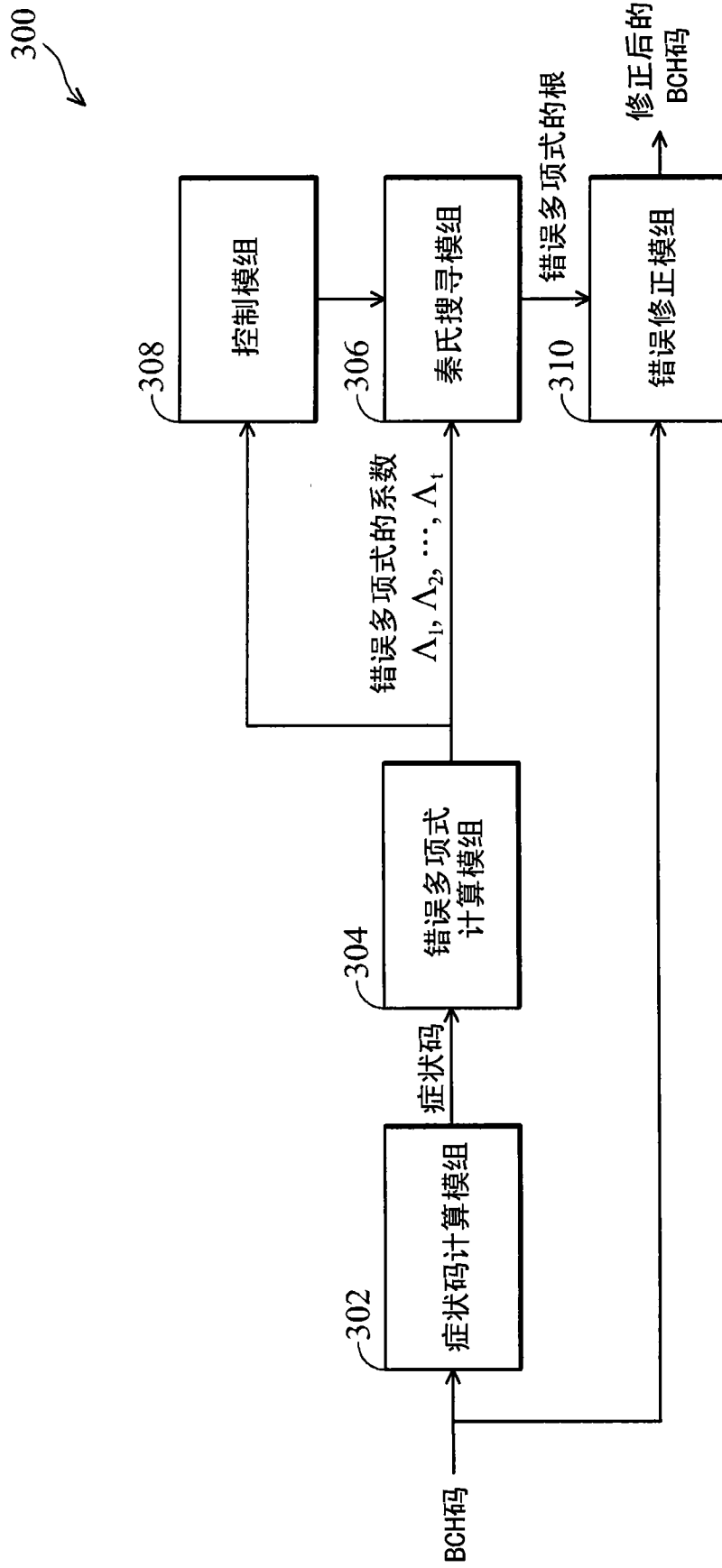


图 3

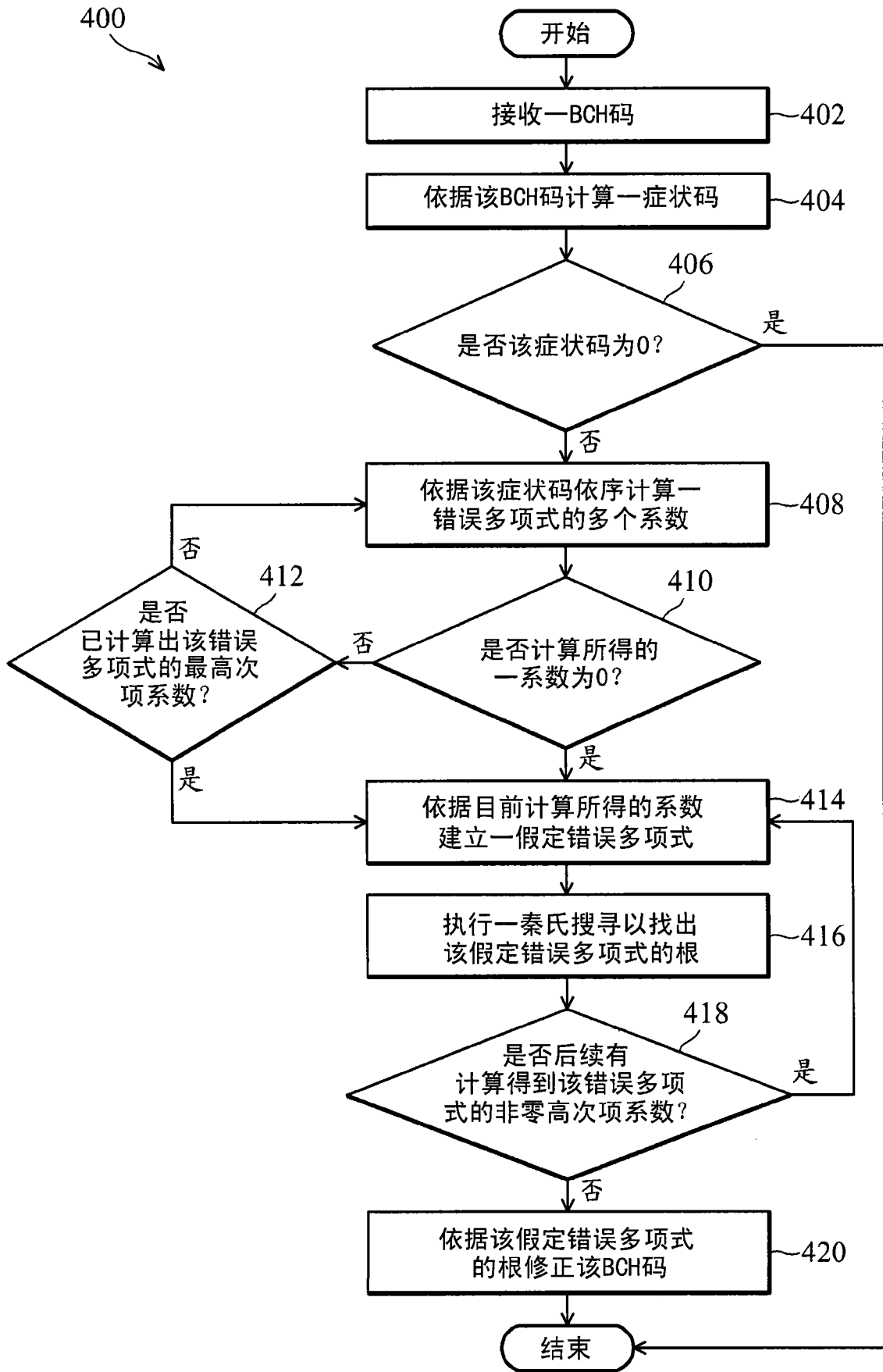


图 4

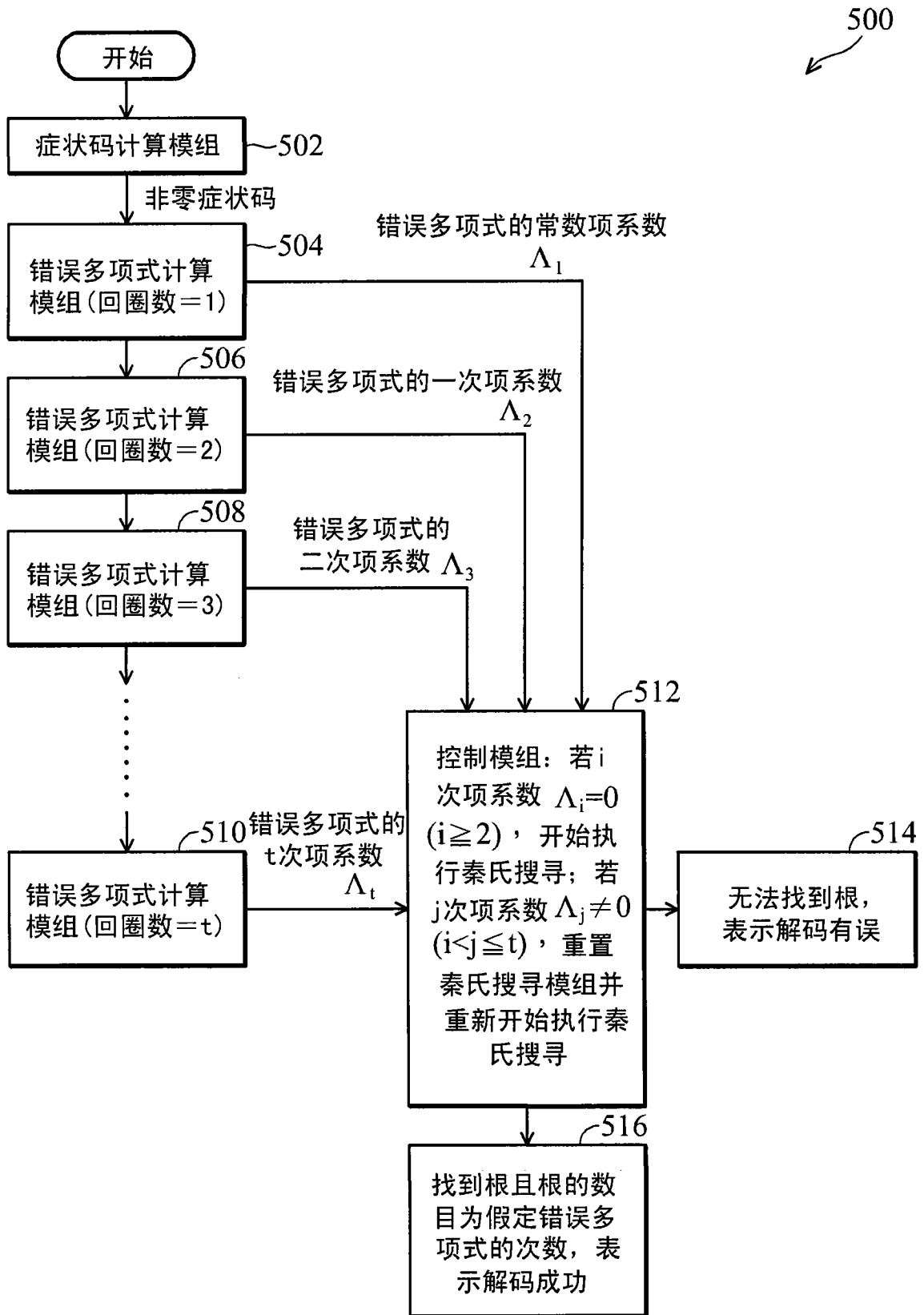


图 5

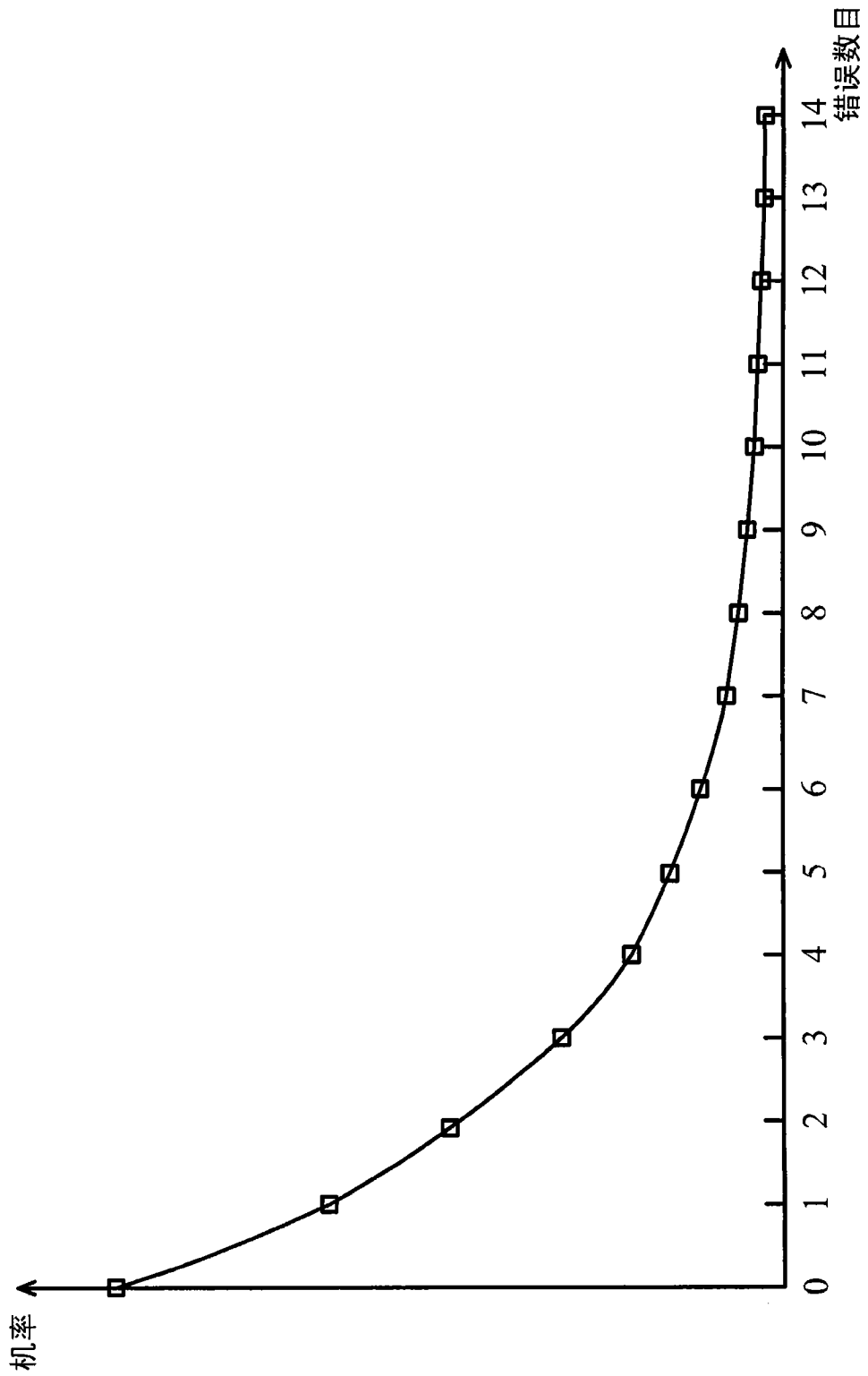


图 6

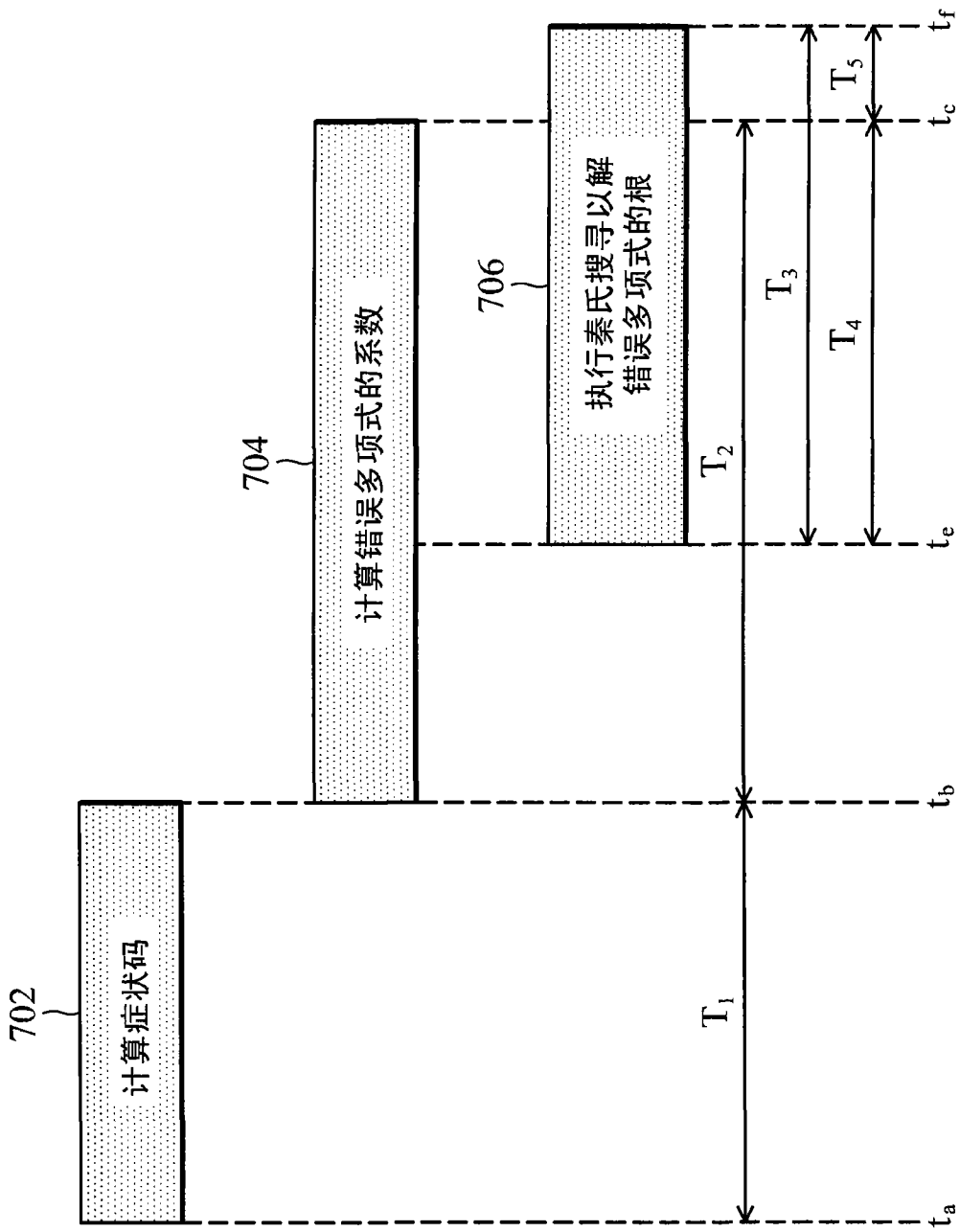


图 7