



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 200310110381.0

[43] 公开日 2004 年 12 月 22 日

[11] 公开号 CN 1556474A

[22] 申请日 2003. 12. 30

[21] 申请号 200310110381.0

[71] 申请人 浙江中控技术股份有限公司

地址 310053 浙江省杭州市滨江区六和路浙
大中控科技园 B5 (钱江一桥南岸)

[72] 发明人 黄文君 郑洪波 王霄峡

[74] 专利代理机构 北京集佳知识产权代理有限公司

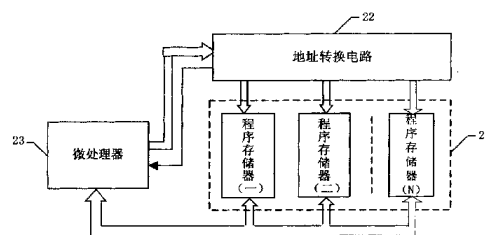
代理人 王学强

权利要求书 2 页 说明书 11 页 附图 4 页

[54] 发明名称 软件的在线升级方法及装置

[57] 摘要

一种软件的在线升级方法及装置, 应用于工控系统中, 该方法包括以下步骤: 升级步骤: 微处理器控制一个备用程序存储器存储下载的软件升级数据并升级该备用程序存储器中相应软件; 切换步骤: 微处理器控制将所述软件升级后的备用程序存储器存储地址与主用程序存储器存储地址互换以便切换主备用工作程序区。所述装置包括: 至少两个存储器、地址转换电路以及微处理器。由于在升级软件时通过地址转换电路实现主备用工作程序区的切换, 保证了工业控制场合的稳定性、安全性、可靠性和连续性。



1、一种软件的在线升级方法，应用于工控系统中，所述工控系统包括微处理器以及至少两个存储器，所述存储器其中一个被指定作为主用的程序存储器，其余作为备用的程序存储器，其特征在于，该方法包括以下步骤：

升级步骤：微处理器控制一个备用程序存储器存储下载的软件升级数据并升级该备用程序存储器中相应软件；

切换步骤：微处理器控制将所述软件升级后的备用程序存储器存储地址与主用程序存储器存储地址互换以便切换主备用工作程序区。

2、根据权利要求1所述软件的在线升级方法，其特征在于，还包括继续升级步骤：

利用所述下载的软件升级数据升级其他存储器中的相应软件。

3、根据权利要求2所述软件的在线升级方法，其特征在于，所述升级步骤以及继续升级步骤在工控系统控制周期的空闲期间分时、分段执行。

4、根据权利要求3所述软件的在线升级方法，其特征在于，所述切换步骤在工控系统控制周期之间的空闲期间执行。

5、根据权利要求4所述软件的在线升级方法，其特征在于，所述存储器相同且存储地址连续。

6、一种软件的在线升级装置，应用于工控系统中，其特征在于，包括：

至少两个存储器，其中一个存储器作为主用程序存储器，其余存储器作为备用程序存储器，所述备用程序存储器中其中一个在软件升级时被指定用于存储下载的软件升级数据并首先完成其上相应软件的升级；

地址转换电路，在被指定的备用程序存储器中软件升级完成后，将所述被指定的备用程序存储器存储地址与主用程序存储器的存储地址互换以便切换主备用工作程序区；

微处理器，用于控制下载软件升级数据并升级主备用程序存储器中的相应软件，以及控制所述地址转换电路完成主备用工作程序区的转换。

7、根据权利要求6所述软件的在线升级装置，其特征在于，所述存储器相同且存储地址连续。

8、根据权利要求7所述软件的在线升级装置，其特征在于，所述地址转

换电路为逻辑控制的译码电路。

9、根据权利要求 8 所述软件的在线升级装置，其特征在于，所述微处理器在工控系统控制周期的空闲期间分时、分段控制执行软件升级数据的下载以及存储器中软件的升级。

10、根据权利要求 9 所述软件的在线升级装置，其特征在于，所述地址转换电路在工控系统控制周期之间的空闲期间执行地址转换。

软件的在线升级方法及装置

技术领域

本发明涉及一种软件的升级方法及装置，尤指一种工业控制（简称工控）系统中软件的在线升级方法及装置。

背景技术

通常将用于工控系统的计算机称为工业控制计算机（简称工控机），在工控系统中，工控机要对大量的外来信号进行处理，然后根据处理结果输出控制信号。

控制机一般由计算机和过程输入输出（I/O）通道两大部分组成。其中计算机由控制软件以及主机、输入输出设备、外部磁盘机、磁带机等硬件设备组成。在计算机外部又增加一部分过程输入/输出通道，用于实现将工业生产过程中的检测数据送入计算机进行处理；另一方面将计算机输出的对生产过程控制的命令、信息转换成工业控制对象的控制信号，再送往工业控制对象的控制器，由控制器完成对生产设备的运行控制。

为保证工控系统对现场信号的实时响应，在一个工控系统的控制周期内（如 0.5s），计算机的微处理器需要对现场信号进行采集、处理、传送等操作，控制周期越短，对现场信号响应速度响应则越快，也越能保证其实时性，从而对现场信号的突变能做出快速响应。但控制周期的长短与微处理器的处理能力、运行频率以及所接的外围设备大有关系，因此控制周期不可能无限地小，一般是取一个整数值，如 0.1s、0.5s 等。

尽管微观上看起来一个具体的控制过程是在多个控制周期内完成的，但从整个宏观概念来讲，比如在一段较长的时间内，控制周期相对于这段时间来说是很微小的，因此控制系统的运行（对数据采集和控制）可以看作是连续的，这也是控制系统所要求的连续性。

随着工控系统的升级，需要对控制机的控制软件进行升级，公知技术中，软件下载和更新通常是在需要进行下载和更新软件时，停止当前软件的运行，

并利用一片程序存储器存储下载的软件，在下载和更新完成后再重新启动并运行新的软件，这种方法只能适用于一些对实时性要求不高且重要性较低场合，对于对实时性要求较高的工业应用场合，例如工业生产是连续（昼夜）生产的场合，就要求控制机具有高可靠性，不能中途停机。上述软件升级方法就不能很好的满足其要求，并会给高要求的现场控制系统带来安全隐患，增加不可靠的因素，容易在软件停止运行时造成失控状态。

为实现软件升级，中国专利《可远程下载运行软件的智能数据监控通讯设备及方法》（专利号：ZL98124981）公开了一种技术方案，该方案的主要内容是：由下载操作程序从接口接收新的软件升级数据，将所述升级数据存储在随机数据存储器中，再从随机数据存储器中读出写入FLASH（闪存）中，从而完成软件的更新。该方法主要用于智能数据监控通讯设备，下载完毕后需重新启动处理器，其优点是可降低现场更新程序的复杂性和较大的工作量，但由于下载完成后还要重新启动处理器以便进行软件初始化等软件更新流程，必然造成部分时间内系统失控，因此该方案存在安全性和可靠性不高的缺点，且不能实现在线升级软件。

另外，中国专利《远程程序下载系统和设备》（专利号：ZL98106699）公开了另一种软件的升级方案，该方案在下载时采用四段程序来顺序更新软件，主要用于数字电视接收机的控制软件的更新。此方案与上一方案相比，优点是更新的软件被下载在EEPROM（电可擦除只读存储器）中，而非随机存储器中，与上述第一个方案相同的原因，该方案同样存在安全性和可靠性不高的缺点，且不能实现在线升级软件。

此外，中国专利《能够不中断在线处理更新操作文件的方法》（申请号：98125648.1）也公开了一种软件的升级方案，该方案利用两组处理器和存储器，由一组存储器和处理器执行当前程序，另一组存储器和处理器接收更新程序，更新完成后实现切换和替代。该方案可在线完成操作文件的更新，但更新完成后，还需进行更新程序的初始化操作等，因此，同样存在安全性和可靠性的问题，另外，两组处理器和存储器的应用不仅使成本增加也使电路结构变得复杂。

综上，现有软件升级的方案，大都是将软件升级数据先下载到随机存储器再写入程序存储器中，更新完成后需要重新启动处理器以便处理器能按照升级后的新程序运行，这些方案都存在对当前运行的程序会产生影响的缺点，因为重新启动处理器必然会失去对外界的控制，造成失控状态，存在一个所谓的“真空”状态，因此不能实现工业应用真正意义上的可靠与连续。

发明内容

为了解决现有技术升级工控系统软件时，需重新启动处理器以致安全性和可靠性较低的问题，本发明提供一种安全性和可靠性都较高的软件的在线升级方法及装置，适合应用在实时性和可靠性要求较高的工业应用场合。

为解决上述问题，本发明提供的软件的在线升级方法，包括以下步骤：

升级步骤：微处理器控制一个备用程序存储器存储下载的软件升级数据并升级该备用程序存储器中相应软件；

切换步骤：微处理器控制将所述软件升级后的备用程序存储器存储地址与主用程序存储器存储地址互换以便切换主备用工作程序区。

进一步，还包括继续升级步骤：利用所述下载的软件升级数据升级其他存储器中的相应软件。

最好，所述升级步骤以及继续升级步骤在工控系统控制周期的空闲期间分时、分段执行。

最好，所述切换步骤在工控系统控制周期之间的空闲期间执行。

最好，所述存储器相同且存储地址连续。

相应地，本发明提供的软件的在线升级装置，包括：

至少两个存储器，其中一个存储器作为主用程序存储器，其余存储器作为备用程序存储器，所述备用程序存储器中其中一个在软件升级时被指定用于存储下载的软件升级数据并首先完成其上相应软件的升级；

地址转换电路，在被指定的备用程序存储器中软件升级完成后，将所述被指定的备用程序存储器存储地址与主用程序存储器的存储地址互换以便切换主备用工作程序区；

微处理器，用于控制下载软件升级数据并升级主备用程序存储器中的相应软件，以及控制所述地址转换电路完成主备用工作程序区的转换。

最好，所述地址转换电路为逻辑控制的译码电路。

最好，所述微处理器在工控系统控制周期的空闲期间分时、分段控制执行软件升级数据的下载以及存储器中软件的升级。

最好，所述地址转换电路在工控系统控制周期之间的空闲期间执行地址转换。

与现有技术相比，本发明具有以下优点：

1、采用一个微处理器和多个程序存储器，在线升级时通过其中一个程序存储器存储软件升级数据并升级其上的软件，然后通过微处理器控制，由地址转换电路实现多个程序存储器的存储地址转换以实现切换主备用工作程序区，由升级后的软件运行并进行控制，并可继续升级其他程序存储器的软件，由于只应用了一个微处理和简单的地址转换电路，成本低，实现电路简单；

2、在线软件下载和更新在工控系统的控制周期空闲时进行，由于采用了分多个控制周期更新软件、分时分段和中断的方式，使得在线升级期间对原控制周期运行程序的影响不大，可靠性较好；

3、进一步，通过硬件实现地址互换的方式来进行新老软件的在线切换，实现了新老程序的无缝运行，保证了工业控制场合的稳定性、安全性、可靠性和连续性。

附图说明

图 1 是本发明软件的在线升级方法流程图；

图 2 是本发明软件的在线升级装置组成示意图；

图 3 是本发明软件的在线升级装置具体实施例组成示意图；

图 4 是本发明实现程序存储器存储地址互换的示意图；

图 5 是本发明地址转换电路组成示意图；

图 6 是本发明软件的在线升级装置基于以太网通信的实施例电路组成图；

图 7 是图 6 所示软件的在线升级装置的工作流程图。

具体实施方式

本发明应用的工控系统包括微处理器以及多个存储器，所述多个存储器中其中一个被指定作为主用的程序存储器，其余则作为备用的程序存储器，本实施例中所述存储器相同且存储地址连续，都可作为工控系统实施控制的工作程序区，作为本领域的技术人员可知该程序存储器一般为 FLASH 等非易失性存储器。

在上述工控系统中在线下载和更新控制程序必须停止当前运行的控制程序，参考图 1，为实现控制程序运行的连续性和可靠性，本发明软件的在线升级方法包括以下流程：

在步骤 11，微处理器控制一个备用程序存储器存储下载的软件升级数据并升级该备用程序存储器中相应软件。

本发明中程序存储器有多个，当工作程序区为主用程序存储器时，若需要在线下载并升级控制程序时，可首先更新备用程序存储器的相应软件，本步骤微处理在收到在线升级软件命令后，即可从备用程序存储器中选择一个首先进行在线升级，并保存相应下载的软件升级数据，其中下载软件升级数据以及升级软件等操作可在工控系统控制周期的空闲时段分时、分段执行，这样不会影响现有控制周期内控制程序的运行，可靠性较好。

在步骤 12，微处理器控制将所述软件升级后的备用程序存储器存储地址与主用程序存储器存储地址互换以便切换主备用工作程序区。

现有技术大多是下载完成后，重新启动微处理器对更新后的程序存储器中的控制程序进行初始化等操作，因此，存在安全性和可靠性的问题，各个程序存储器存储控制程序数据的地址并不相同，本步骤将升级后的备用程序存储器存储地址与当前主用程序存储器的存储地址互换，无需重新启动即可实现软件升级，所述地址互换最好在工控系统两个控制周期之间的空闲时段执行，其原因在于：在新的控制周期前切换到升级后的程序存储器工作，工作程序的前期程序初始化操作大多已经完成，后续更新操作较少，可在新的控制周期内完成，不需重新启动微处理器，因此安全性和可靠性都较现有技

术好。

在切换完成后，利用所述下载的软件数据可继续升级其他存储器中的相应软件，这里不再赘述。

下面说明本发明的另一方面，参考图 2，本发明软件的在线升级装置包括以下组成部分：存储器 21、地址转换电路 22 以及微处理器 23，其中

所述存储器 21 有多个，其中一个存储器作为主用程序存储器，其余存储器作为备用程序存储器，都可作为工控系统实施控制的工作程序区，所述备用程序存储器其中一个在软件升级时被指定用于存储下载软件升级数据并首先完成其上相应软件的升级，为了电路更加简单，具体实施时上述存储器最好相同且存储地址连续；

地址转换电路 22，在被指定的备用程序存储器中软件在线升级完成后，将所述被指定的备用程序存储器与主用程序存储器的存储地址互换以便切换主备用工作程序区，所述地址转换电路 22 最好在工控系统两个控制周期之间的空闲时段执行地址转换，这样对正在运行的工控系统影响较小，实施效果较好；

微处理器 23，用于控制下载软件升级数据并升级主备用程序存储器中的相应软件，以及控制所述地址转换电路完成主备用工作程序区的转换，为了不影响当前运行程序，所述微处理 23 最好在工控系统控制周期的空闲期间分时、分段控制执行软件升级数据的下载以及存储器中软件的升级。

参考图 3，以一具体实施例对本发明软件的在线升级装置进行详细说明。

如图 3 所示，本实施例中软件的在线升级装置包括通讯接口 30、微处理器模块 31、逻辑控制与地址译码电路 32、两片相同的程序存储器 33 和 34，假定当前程序存储器 33 为主用程序存储器，程序存储器 34 为备用程序存储器。

其中通讯接口 30 与微处理器模块 31 相连，完成通讯数据的收发控制；微处理器模块 31 分别与逻辑控制与地址译码电路 32、程序存储器 33 和 34 相连；逻辑控制与地址译码电路 32 也分别与两个程序存储器 33 和 34 相连。

从计算机或者其它设备传送过来的数据，通过通讯接口 30 传送给微处理器模块 31，微处理器模块 31 对这些数据进行相应处理后返回处理结果。若在

微处理器模块 31 运行控制程序的同时收到在线程序更新命令（即在线升级命令），则微处理器模块 31 开始分段接收新的程序数据，然后在控制系统的每个控制周期内保证控制周期的正常运行的同时通过中断方式将新程序数据写入备用存储器（即程序存储器 34），经过多个控制周期的写入操作后，将新的程序完全下载到备用程序存储器内。

参考图 3 具体说明下载的过程：

1.微处理器模块 31 收到在线更新命令，把当前状态通知给下发在线更新命令的计算机，当前的状态可能是可以下载，例如两个程序存储器 33 和 34，其中一个备用，一个工作，或者是暂时不能下载，例如其中一片处于已经刷新成新程序且处于备用状态等待切换，而另一片是处于工作程序且程序还未被更新。

2.如果处于可下载状态，计算机将已经分好段的程序分时（可以在几个控制周期的空闲时间内发送一段需更新的程序）发送给微处理器模块 31。

3.微处理器模块 31 在接收到一段程序并校验通过后，以中断的方式将这段程序写入到备用程序区内（即程序存储器 34），然后通知计算机发送下一段程序。

4.微处理器模块 31 以此中断方式将整个需要更新的程序都写入到备用程序区并更新其上的相应软件，至此下载更新软件完成。

整个的在线升级过程通过计算机与微处理器模块 31 之间的通信来完成，将需在线升级的软件的下载过程分散在多个控制周期内完成，这样做的好处是，不会太占用微处理器的资源，对控制周期的影响不大。

进一步，该备用程序存储器软件在线升级完成后，在当前控制周期运行快结束和下一个控制周期运行之前这段时间内，将备用工作程序区和主用工作程序区进行地址互换，这样，从下一个控制周期开始，控制程序就可以按照升级后的软件运行了。

另外，在新程序工作的空闲期间，微处理器可分多个控制周期将备用程序区更新，这里的空闲期可以认为是多个控制周期内的空闲时段，例如控制周期内处于一些微处理器向下发送数据后等待回应的空闲过程，或者由于控制周期一般是取整数值，但整个控制周期内的程序运行时间并不可能完全等于控制周期，必然是存在一些等待状态（此时是空闲的），更新方式同样是在

分散的多个控制周期内采用中断方式将备用程序区的备用程序更新为新程序，并将备用程序存储器切换作为主用程序存储器，然后微处理器将当前的备用程序区的程序也更新为新程序，留做工作程序区的备用。

请参见图 4，本发明实现程序存储器存储地址互换的示意图。假设两片容量相同的程序存储器均为 4K，并且地址连续，程序存储器（一）的地址从[0000]H 到[0FFF]H，程序存储器（二）的地址从[1000]H 到[1FFF]H，当正常运行时，微处理器访问程序存储区的起始地址从程序存储器（一）的[0000]H 开始，地址到[0FFF]H 结束，程序存储器（二）作为备用的程序存储器。

当程序需要进行在线更新时，微处理器收到在线更新命令后，在不停止运行当前控制程序和控制算法的情况下将需更新的程序的数据分时分段用中断的方式写入备用的程序存储器（二）中，在更新程序完全写入后，微处理器检测到完成下载的标志，于是在运行完当前一个控制周期后，处于等待地址互换状态，地址转换电路将两片程序存储器（一）和（二）的地址译码进行互换。

其中地址转换电路的原理图如图 5 所示，由一个逻辑控制与地址译码电路组成，其实现切换的最根本的一个电路是开关矩阵，如图 5 所示，开关 1、2、3、4 是两组单刀双掷开关，所述开关是联合同时动作的，即 1 和 3 是一组，2 和 4 是一组，通过控制线的逻辑控制实现切换。

地址切换的过程如下：

以图 5 为例，初始状态下，控制线控制开关掷于 2 和 4 一组，这样程序存储器（一）的存储地址为 0000H~0FFFH，程序存储器（二）的存储地址为 1000H~1FFFH，当需要切换的时候，控制线控制开关切换至 1 和 3 一组，完成后，程序存储器（一）和（二）的存储地址就进行互换，程序存储器（一）的存储地址为 1000H~1FFFH，程序存储器（二）的地址为 0000H~0FFFH。这样就完成了两个程序存储器（一）和（二）的存储地址互换过程。即程序存储器（二）起始地址为[0000]H，而程序存储器（一）的起始地址为[1000]H，这样，程序存储器（二）的地址范围即从[0000]H 到[0FFF]H，程序存储器（一）的地址范围即从[1000]H 到[1FFF]H，在下一个控制周期开始时，微处理器访问程序存储区的起始地址仍从[0000]H 开始，于是就自动切换到程序存储器（二）的程序运行，即可以运行新程序，然后在新程序运行的空闲期间在不

影响程序运行的情况下实现当前备用程序区（即程序存储器（一））的更新，由于逻辑控制和地址译码电路是用硬件电路来实现地址切换的，切换时间很短，可以达到纳秒级快速切换，在指令执行完后很短的时间内就可以完成新旧程序的切换；并且由于微处理器在更新过程中并不复位或者重新启动，因此重要的数据不会丢失，保证了现场信号的稳定运行，这样实现了程序在线下载和无缝运行。

另外由于控制周期是取一个整数的时间值，整个控制周期的运行期间存在一些等待或者空闲状态，在相邻两个控制周期期间（即准备结束旧控制周期而转向新控制周期的倒数第二条指令，此指令是执行切换的指令，在此指令前面有判断当前备用存储器是否更新完成，如更新完成则执行此指令，如没有完成更新则跳过此指令到最后一指令，最后一指令是转向新控制周期的指令），由微处理器通知逻辑控制和地址译码电路进行地址切换，由于这个切换是由硬件切换，可以达到纳秒级，因此切换的时间远比指令的时间短（同样对新程序来说为了以后的在线下载和更新，在控制周期的最后两条指令也是这样的，而且在新旧程序中此两条指令的地址都应该相同，因此切换不会对当前程序运行造成影响，这也是保证无缝运行的一个条件），对新旧程序之间的切换和相邻两个控制周期之间的连接是没有影响的（这里没有旧程序停止或者新程序开始运行的概念，只是在控制周期的最后一指令进行一个切换过程，执行一种平稳过渡）。

请参见图 6，为基于以太网通信的工控系统软件在线升级的实施例电路组成图。

本实施例中电路由 RJ45 接口 60、以太网收发控制器 61、微处理器模块 62、逻辑控制与地址译码电路 63 以及两片相同的程序存储器（程序存储器 64 和程序存储器 65）组成。

从计算机或其它设备传送过来的数据通过以太网传输到达 RJ45 接口 60；以太网收发控制器 61 可采用 UM9008，用于实现对以太网信号的收发控制；微处理器模块 62 包括微处理器及其相关外围逻辑电路（如 RAM、锁存器、电源等），微处理器可采用三星的 ARM 处理器 SC4510B，实现数据的处理与通信、程序的运行与控制；逻辑控制与地址译码电路 63 可采用 FPGA（如 ALTERA 的 ACEX1K10），用于接收微处理器 62 的控制信号，并完成对程序

存储器的地址译码；程序存储器 64 和 65 为两片相同的存储器，其特点是容量相同、地址连续，例如选用 W27C257，则程序存储器 64 的地址可设置为 [0000]H 到 [7FFF]H，程序存储器 65 的地址可设置为 [8000]H 到 [FFFF]H。

以下结合图 7，说明本实施例中实现软件在线下载和更新的流程：

在步骤 s1：当无程序需要更新时，微处理器 62 按照原先的控制程序运行，假设在当前工作程序区为程序存储器 64，与此同时，微处理器 62 监视以太网 RJ45 口 60 下发的命令；

在步骤 s2：判断是否收到程序更新的命令：若无更新命令，继续按照原先控制程序运行，执行步骤 s1；若收到程序更新的命令，则进入步骤 s3；

在步骤 s3：微处理器 62 接收新程序的数据段，并在每个控制周期内通过中断方式向备用程序区（即程序存储器 65）中分段写入新程序段的数据，整个新程序的更新通过微处理器在多个控制周期内分段分时写入备用程序区，采用这样的方式，不会对原先程序和算法实现的控制周期产生大的影响，从而完成备用程序区内程序的下载和更新；

在步骤 s4：判断备用程序区内是否完成整个新程序的下载及更新，若完成，进入步骤 s5，否则继续步骤 s3；

在步骤 s5：当整个新程序在备用程序区（即程序存储器 65）内已实现完全更新后，在当前控制周期内的控制程序运行快结束和下一个控制周期内的控制程序开始运行前，微处理器 62 通知逻辑控制与地址译码电路 63 将两个程序存储器的地址译码进行互换，当逻辑控制与地址译码电路 63 完成两个程序存储器的地址互换后，就实现了新旧程序的切换；；

在步骤 s6：从下一控制周期开始，运行新的工作程序区（程序存储器 65）内的新程序；

在步骤 s7：在以后的多个控制周期内，控制程序在程序运行的空闲期，微处理器 62 逐步更新新的备用程序区（即程序存储器 64）内的程序，更新完毕后，备用程序区（程序存储器 64）可以留做工作程序区的备用，由于两个存储器具有完全对等的关系，在工作程序区出现故障或需要更新程序时，可再切换到备用程序存储器进行不中断操作。

以上步骤实现了工控系统中软件的在线下载与更新，本发明结构简单，设计合理，解决了在不停止程序运行的情况下，下载和更新控制程序，由于

采用了分多个控制周期更新程序、分时分段和中断的方式，使得在下载期间对原控制周期的影响不大，而通过硬件地址互换的方式来进行新老程序的切换，实现了新程序的无缝运行，保证了控制场合的稳定性、安全性、可靠性和连续性。

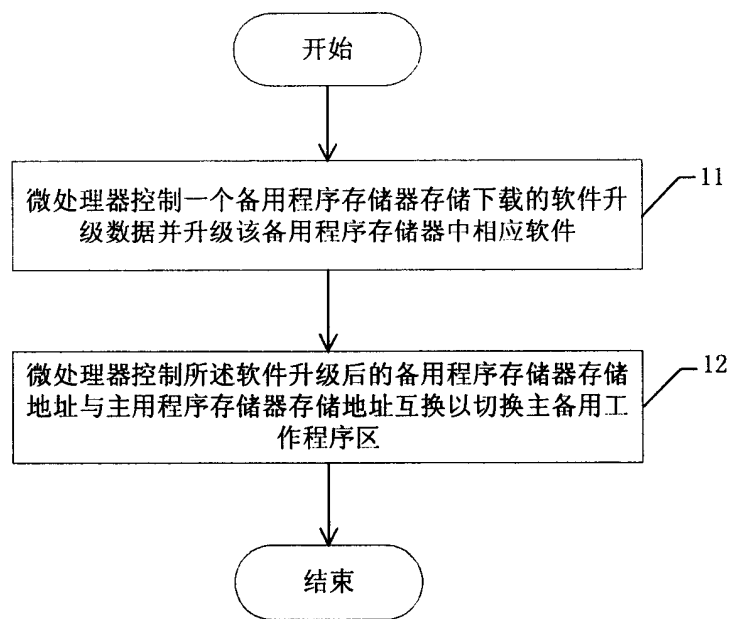


图 1

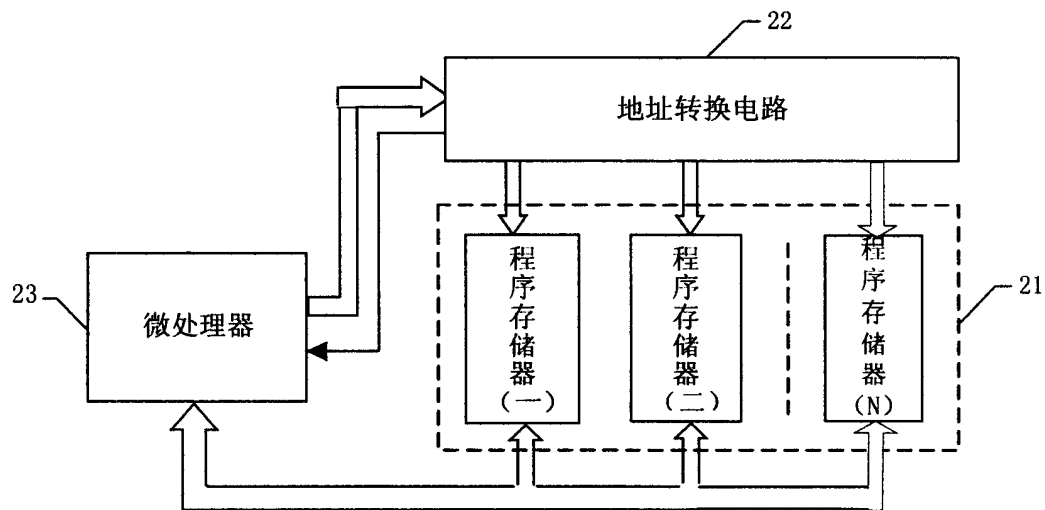


图 2

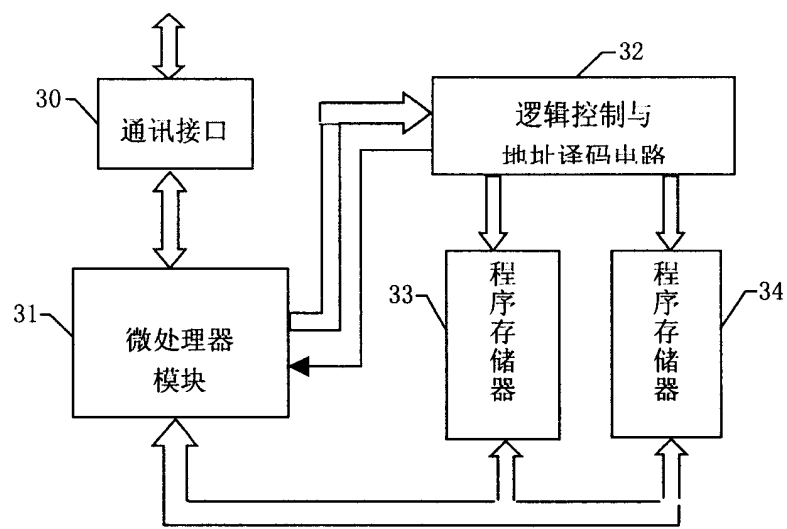


图 3

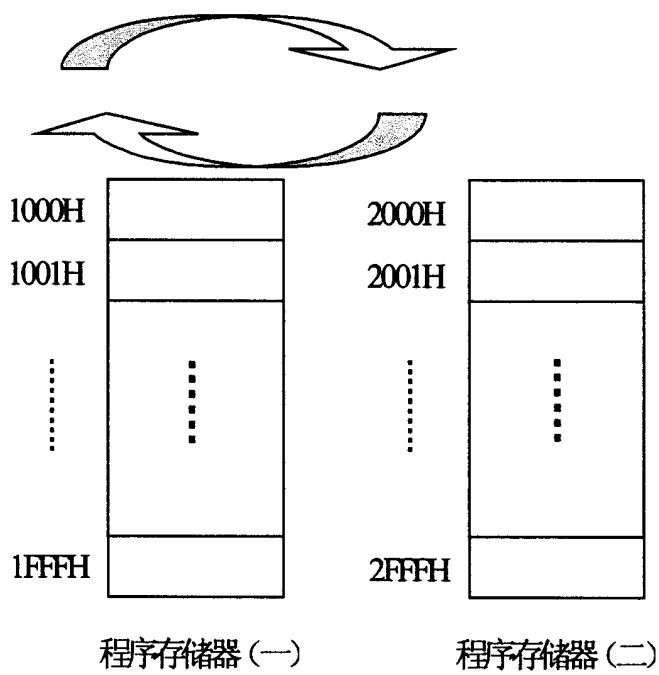


图 4

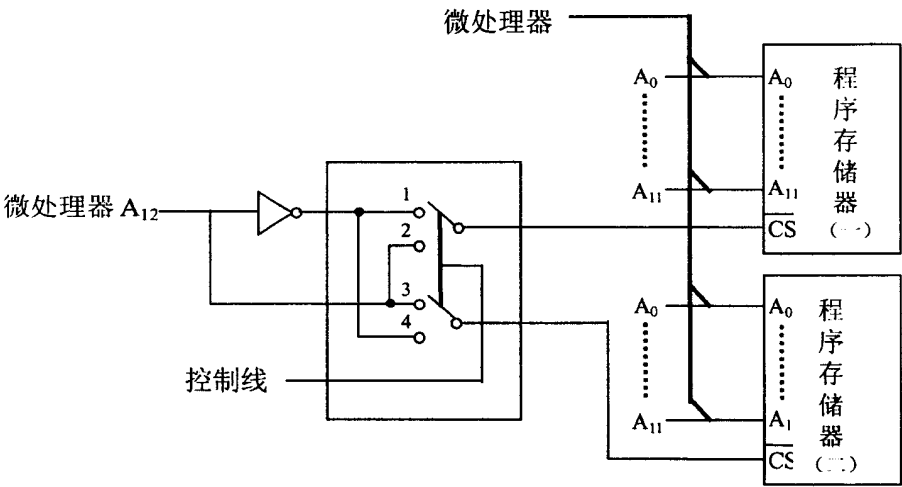


图 5

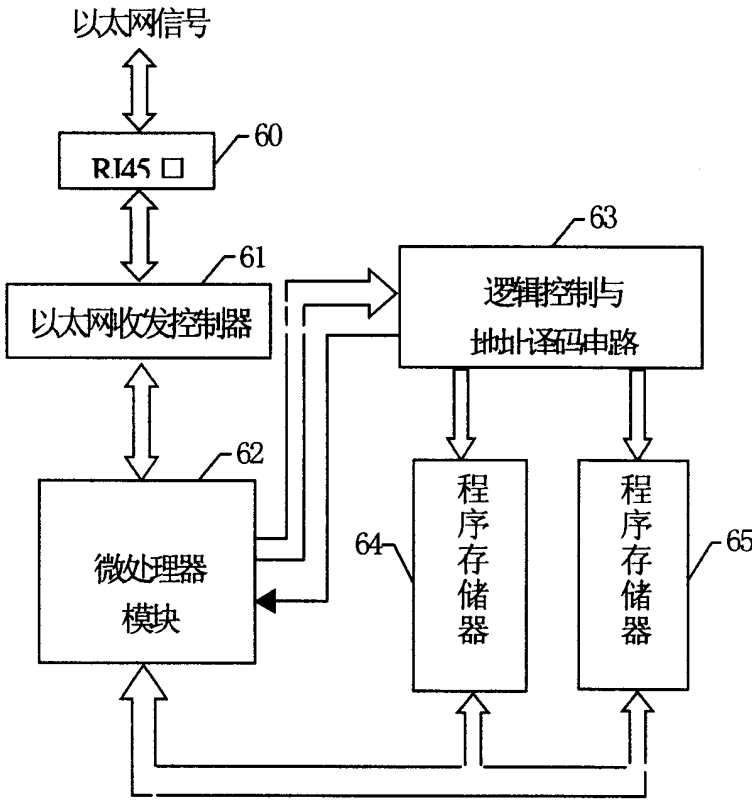


图 6

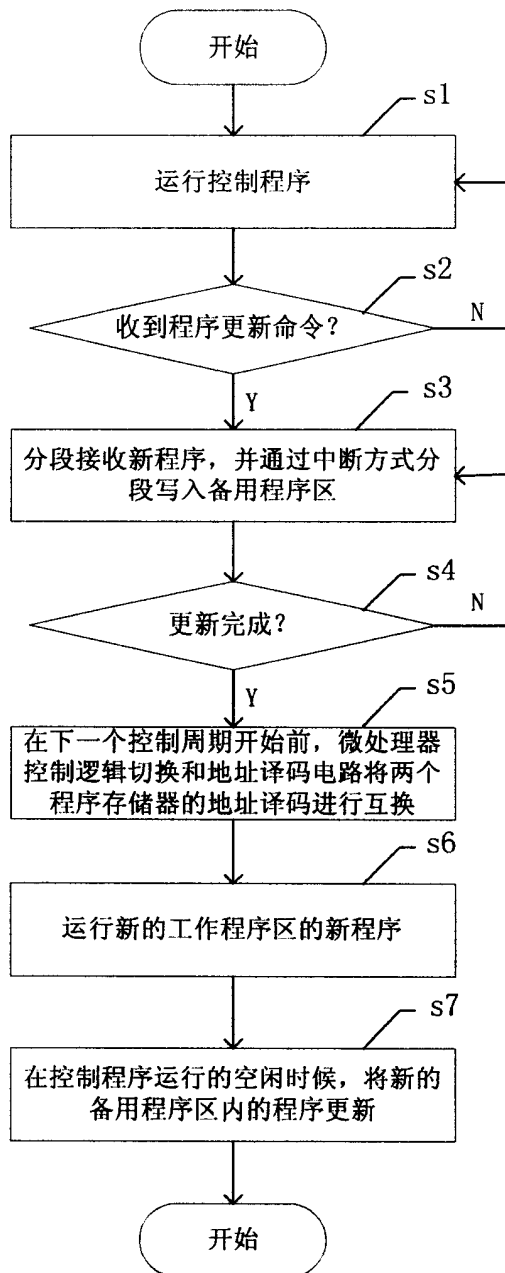


图 7