

校园路灯节能控制系统设计

摘要

随着社会的不断发展，电能的累积消耗量在逐年增加，怎样更充分更有效地利用电能、实现节能减排便成为人们越来越重视的问题。路灯作为现代社会基础设施的重要组成部分，巨额的需求量和用量使得其消耗了很多电能。如果使用自动控制的智能式路灯，就能有效节约电能，而如何设计校园路灯节能控制系统正是本文研究的内容。

迄今为止很多场所使用的是 ZigBee, GPRS 来对路灯实现控制的，这种控制方式只能通过天气变化、光线传感、以及按照季节来控制路灯打开和关闭时间，并不能根据实际情况开关路灯，控制方式太不够灵活。久而久之就造成能源的过度浪费，而且加速了灯具的老化、大大缩减其使用寿命。针对上述问题，本设计采用高稳定、低功耗的

STM32 单片机作为主控芯片，运用热释红外探测模块来分辨是否有人经过，再根据光线传感器判断是否应该开启路灯，并通过 PWM 来调节路灯的亮暗程度。

最终可以做到人来灯亮，人走灯灭的实时控制效果，从而达到节能的目的。

关键词：校园路灯；节约能源；自动控制；STM32 单片机

1 引言

1.1 课程背景及意义

随着科技的不断进步，各个领域对电能的需求越来越大。我国作为一个电能消耗大国，据相关部门统计 2020 年用电量约为 7.5 万亿千瓦时，折合人民币约为 45 万亿元，在这其中有很大一部分电能被浪费掉了，好在近年人们在节能减排领域的研究越来越深入。以前传统的路灯控制方式比较简单光控制定时控制，这样控制的优势优势在于使用起来比较简单，我们在控制的时候也比较简单，但是不可以进行大规模控制况且通断电的时间太过死板更不能实现自动控制。目前，我国一部分城市已经采用了智能化的方式来控制路灯，用智能化的方式进行控制会节省不少的人力物力，大大减少了工作人员的工作量，但是对路灯采用该控制方式的成本太过昂贵，资金的投入非常大，所以想要完全采用这种控制方式还需要一段时间。由此可见关于智能式路灯控制系统的设计还需要我们继续探究。

我们现在所使用的智能路灯不仅成本高昂能解决的问题也非常单一，比如说按季节定时开关路灯、对路灯进行远程监控。然而在人流量稀少的场所，比如说学校的过道路灯并不需要整晚都开着的。如果我们能做到人来灯亮人走灯灭，那么将能有效节约电能。本文所设计的校园路灯节能控制系统对解决这种现状具有一定的意义。

1.2 国内外发展现状

1.2.1 国内发展现状

目前我国有很多关于智能式路灯相关的研究，也有已经投入使用的一部分。例如 2017 年九月在北京左安门西街

“全能路灯杆”走红。这种全能路灯杆不仅具备原有路灯的照明功能，而且可以用做电动车的充电桩、车速的检测、空气质量监测等。相关负责人表述，这种全能路灯杆上安装了自感应设备，当智能路灯出现闪烁，或者设备烧坏等不良情况时，该灯的灯杆内所安装的感应设备会立即发送信号给控制中心，控制中心收到消息便能够及时进行故障检修。但是这种设计成本依然高昂，无法大规模使用。我们现在研究最多的是下面两种：

(1) 光感应控制：光感应控制中主要用到的是光敏电阻，因为光敏电阻在遇到光时它的电阻会发生明显的变化，光越强阻值越大反之越小。在工作中光敏电阻作为触发，我们还需要一个开关，这里我们用场效应管。场效应管有栅极和漏极，如果栅极上出现光信号，栅漏极就会导通，就会有控制信号产生，虽然这个方式结构很简单成本也不贵我们用的也很多，但是在环境状况比较复杂多情况下变并不适用。

(2) 电力载波控制：电力载波控制一直是比较热门的一项研究，是一种在电力线路中进行信号输送的，现在被我们频繁研究和改进，这种方式在有限的区域内使用不用第二次铺设线路的，因为信号传输往往使用的是高频段，而它的频率正好在低频段，这为我们提取信号提供了便利，所以把这种方式应用到路灯中是很合适的，然而问题出现了我们一般在输电时从变压器到用户会有电压的损耗，在这个过程中会影响信号的相互识别，如果线路负载过大时阻抗也会随之变大。进而载波信号的传输会受到影响，若能解决这些问题，那么这项技术的研究前景还是十分广阔的。

(3) 热释红外感应：热释红外感应是根据物体散发的热量来进行判断的，然而人体每时每刻都以热辐射的形式进行着散热，释放的热量也比较稳定，容易检测。热释红外感应的一个依据就是要看其被感应体否有红外热辐射，我们这个设计是将热释红外感应用开关表示了，在本设计的仿真图中。

1.2.2 国外发展现状

照明设备的节能问题在很早以前就引起了许多国家的重视。国外很多国家都在向着智能化的方向研究因为他们也意识到了危机的脚步越来越近，国外大多还是以光控和声控来对路灯进行控制的，这几年也在向着热释红外感应控制方向研究而且成果还不错，以法国巴黎的热释红外感应路灯来说该路灯不仅可以通过人体释放的红外线来打开路灯还可以测量人的体温以及环境质量，但是运用这种路灯投资太大效益效益也不高。

1.3 本章小结

一直以来，因为电能严重严重消耗，以及环境被破坏的问题越来越严重，从而引发的能源危机问题被各个国家的人所重视。国内外都在呼吁节约能源这一主题，并且在该领域的发展不断发展前进。

2 校园路灯节能控制系统设计

2.1 传统路灯控制方法目前校园路灯的控制方式主要有以下两种：(1)改进控制方式；(2)在原有的基础上外加辅助装置。

2.1.1 改进控制装置

此方式是对路灯装置进行不断的改进从而实现节省电能的，它的改进方式主要有两种：

(1)大力应用节能型光源

目前人们意识到能源的浪费越来越严重，以现有的高效节能 LED 灯代替传统的白炽灯和金卤灯。原有的消耗能量过多的传统光源，开始以新型节能型光源替代了当今社会节能型能源产业在高速发展。面对环境一天不如天，地球上的能源是及其有限的，面对这些压力我们必须用清洁能源代替以往的能源，这样不仅使环境得到了保护而且不会影响夜间的照明问题，在环保的基础上仍不缺乏便利现在节能光源越来越受到人们的欢迎。

该控制方式是好，但是其中也存在着很多缺点，主要如下：首先，节能光源的规格不一致，迄今为止国内还没有建立比较完善的照明节能相关的法规；其次，节能光源在市场上比起传统光源所占比重太低，仅占传统光源的 12% 左右。

(2)变压调控装置

本设计使用的是降压式调控设备，而且目前使用较多的就是此方式，其基本原理是：根据输入电压数值的不同，通过自耦式变压器连接不同变压器，这样就使电网电压降低到多个不同档位的电压值，以此达到节约能源的目的。这个过程的优势在于它的结构简单而且功能也很完善。但是该方式也存在较多的缺点，例如：电网电压不稳定的现象会出现，但是降压值是固定的，这样很容易对光源端电压值造成影响使其不稳定，会对照明设备的使用年限造成影响。

2.1.2 节能控制方式

①声控节能方式：声控节能方式是以声音来控制灯的开启的，这种控制方式很常见，不管实在学校的走廊里还是住户的楼道里随处都可以见到这种控制方式，当我们走在楼道里只有你出声时灯才会亮这是它的缺点之一，另一个不足是它的开启时间很固定当遇到沙尘暴天气时无论你多大声它都不会亮，这种控制方式显得格外死板。

②光控节能方式：是通过光强弱来控制路灯的开关的，当光越暗时控制开关反应所需的时间越快。这种方式依然存在缺点，首先是它的实时控制性相对较差，其次是它不能按照实际的需要对路灯进行应变式的控制，依然只能在人为规定的时间内工作。例如：像 2021 年 3 月 10 号那种沙尘暴天气时这种控制方式下的路灯是不会亮的这样就严重的危及了人们的生命安全，这还不是该控制方式最不足的地方，该控制方式它只能按规定时间亮一整晚，其实一般路段不需要亮一整晚，特别是在人流量稀少时，这就使得大量的资源都被浪费。

2.2 智能式路灯控制系统方案概述

2.2.1 相关技术介绍

(1) 图像检测

图像检测这种控制方式比较少见，它是利用接收外界的图像进而对图像进行处理来识别是否是人经过，如果摄像头上出现灰尘这样就会识别不出到底有没有人体经过，操作太过繁琐要有工作人员经常清理摄像头，所以不适合本设计的要求。

(2) 超声波探测

超声波探测器通过探测运动速度的快慢来决定是否开灯，人的速度一般很慢，所以这种方式多用于车辆的检测，不适合本设计的要求。

(3) 声波检测

声波检测是通过声音在传播的过程中遇到障碍物发生反射来给系统发射信号，但在反射过程中有时会偏离声波传感器，不适合本设计的要求。

(4) 红外检测

红外检测是通过对人体释放的热释红外线进行检测，这种控制方式不但实用性高安装方便，而且一般不会受环境影响，它的原理是根据人体释放的红外线来进行灯的开关控制的。

综上本设计采用红外探测技术。

2.2.2 热释红外感应

我们知道，当环境与物体温度出现差异时，该物体就会向外发射红外能量，或者吸收能量。人体温度一般很稳定，释放的红外线也有的波长也会在一个比较稳定的范围内，这个波长正好和热释红外感应系统所能检测到的波长相符。具体的工作原理如下图所示：

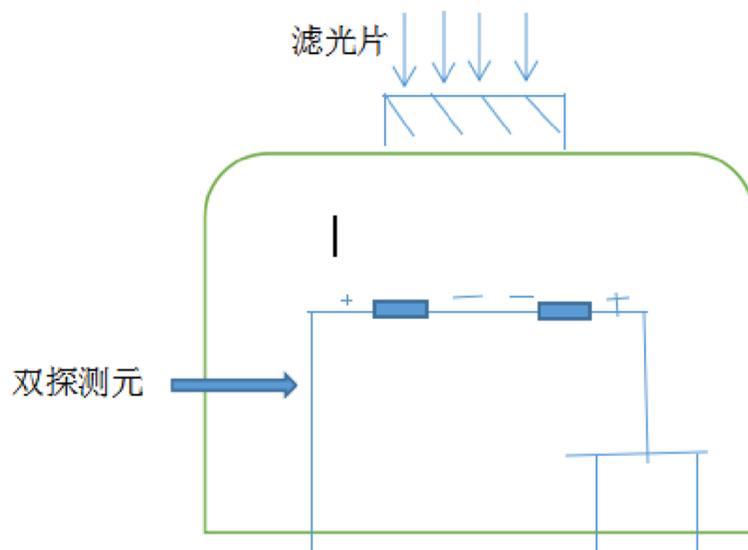




图 2-1 热释红外感应模块示意图

这里用到的热释电效应与压敏电阻的工作原理非常类似，热释电效应在工作的过程中会因为温度的变化而产生电荷，它能检测到周围环境的温度差，这个温度差会使他表面产生的电荷也会形成一个电压差，如果在周围环境的温度趋于一个稳定值时，当有人经过时会和周围的温度不一样，这种情况下这个模块就开始对这个温差进行识别进而决定是否开灯。

2.3 光线传感技术

作为光电效应的一种传感器技术。光线传感技术的原理是，在有光线透过树脂膜，照射到半导体的光敏层上时，半导体中一部分电荷会吸收能量从而发生跃迁，进而会产生电荷空穴，这时我们结合红外感应模块，在有人体经过时这其中的空穴会结合正电荷，当光照强度越大时这种作用效果会越加的明显，本设计的仿真中会有具体的体现过程，在这里我们会模拟当有人经过时我们通过调节灯的距离来调节光敏电阻的阻值，如果入射光强度越强光敏电阻的阻值会越小则电流会变大反之则变小。我们用如下公式来表示入射光线强弱与光敏电阻产生的电流的关系：

$$I=KUaLb。$$

2.4 节能灯的控制框图

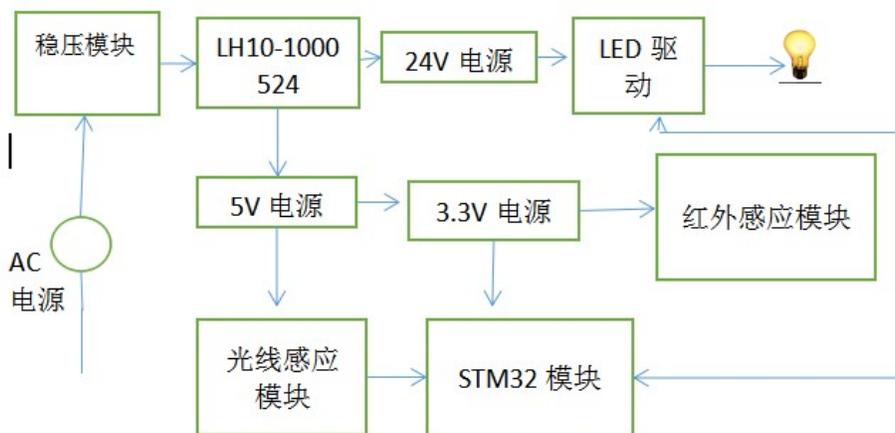


图 2-2 节能灯框架图

路灯节能控制系统是通过设置在道路上的光照传感器对光信号进行收集，进而将光信号输送到智能控制器中，经处理后智能控制系统会此信号进行识别看是否需要把路灯打开，此时智能控制器

也将进入计时阶段，等到计时完毕以后，LED 灯亮度会自动变暗，这样就实现了人来灯亮，人来灯灭的目的，进而达到了节能目的。

2.5 本章小结

本章主要介绍了系统的总体方案设计以及结构框架,又介绍了路灯智能控制系统的两个方面如下:①传统路灯控制方式;②智能式节能路灯控制方式。

3 硬件设计

3.1 需求分析

路灯,在我们身边的路灯是最常见的,在有人经过的地方几乎都有路灯的身影。而夜晚时,路灯就显得格外重要,在我们看不清路面时就需要路灯帮助我们照亮路面。在我们使用路灯照明时既要按照一年四季不同的昼夜情况来设计一天的照明时间,但是我们也要考虑照明时间人流量多少的情况尽量不开灯或灯光较暗,如果我们能够把自感应系统应用到路灯中来,那能源的利用率会变得非常高。本设计就是要应用到校园当中所以正好适用。

从前面介绍的几种路灯控制方式来看,它们或多或少都有一些不足之处,所以我们要求一种不单单是可以照明的还应该具备以下功能,(1)可以检测到规定区域内的人,(2)可以和下一路灯进行通信,(3)可以使灯的亮度发生变化,(4)可以对故障进行报修,这才是我们最终要选择的控制系统。

3.2 电源模块

3.2.1 直流电源

路灯的电源电压是取为 220V 的交流电,我们用以下变压原理进行交流变直流这里用到了 U20 芯片和 MB 整流桥。

这样做的原因是 LED 的控制电路和驱动电路的电压分别是 3.3V 和 24V,所以必须将 220V 的交流电换为直流电的。

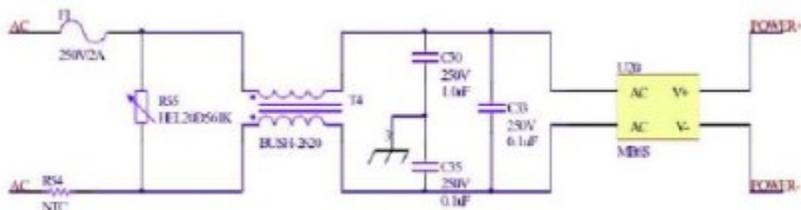


图 2-3 交流转换直流原理图

我们将 220V 的交流电整流以后让其经过稳压模块变为我们这里需要的 5V 和 24V 的电压,原理图如图 2-2 所示。

3.2.2 单片机供电电源

我们在这里选择 AMS1117-3.3 芯片的原因是,这种芯片可以将输出电压调节在 3.2V-3.4V 可以将输入电压调节在 4.7V-12V 正好适用于我们的热释红外模块和单片机,因为这两个的适用电压均为

3. 3V 的直流电，这就是我们为什么能将 5V 的电压转变为 3.3V 的电压的原因，我们用如下图所示的原理图来说明这个转化过程。

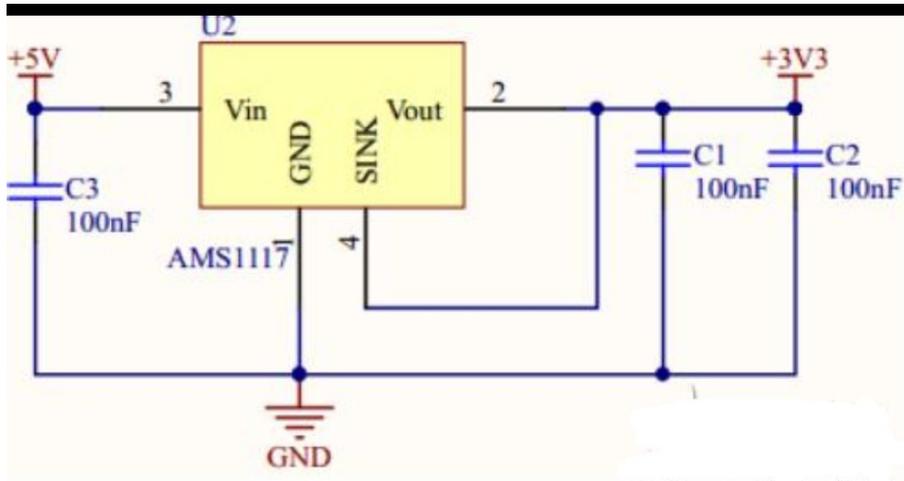


图 2-4 单片机供电电源原理图这个模块只要几个滤波电容就就可以达到稳压输出功能，简单且实用。

3. 2. 3 光线传感

光线传感器我们在前文也提到过，它是通过我们移动光源在光源靠近时光敏电阻的阻值会下降反之增大，我们刚刚只是说明了它的一个工作思路，下面我们来具体说明它的工作过程，如下图所示：有两个桥臂均为两个输入端。其中一个标有 R29 的桥臂它使用的是型号为 2253 光敏电阻，我们在这里选择它是看重它的高灵敏度，如果有光源时的时候，当光照强度很高时，光敏电阻的阻值会变小，这样会使 R29 分得的电压小于总电压的一半，此时比较器输出高电平。反之，当光照强度较弱时时，比较器会输出低电平，从而我们用该装置作为检测 LED 以及环境光照强度的依据。

VCC VCC
R27 VCCR26
47KR28 47K10K
R29R29 - LM2904D
553747K + A UOUT
GND

图 2-5 光线传感原理图

3. 2. 4 热释红外检测模块

在这里我们采用 AS083 芯片作为热释红外感应模块。将 CSD 引脚连接到光敏二极管上来作为控制模块的工作状态，工作环境光线的临界点由 R2 的大小来调节。红外感应头 TE200B 的输出经过稳压滤波后连接到芯片的 PIR 引脚，如下图所示。当检测到有人经过时输出高电平。

管脚说明如下表所示：

管脚号	符号	功能描述
1	VDD	电源正极
2	PVDD	2.4V 供电引脚
3	PIR	PIR 探头信号输入引脚。有效感应电压范围 0.25V~1.25V。
4	CDS	CDS 信号输入引脚。低于 1.0V 时 IC 不工作（白天），高于 1.0V 时 IC 工作（夜晚）。调整 R2 大小改变触发临界值所对应的环境亮度，R2 越小，临界值对应的环境亮度值越大。

5	TCI	定时控制输入引脚。调整控制信号输出延时时间（分为 12 个档位），能重复触发（在每次感应到人体后会重新计算延时的时间）。
6	OUT	控制信号输出端。检测到人体信号时，输出高电平。上电时先输出高电平，热机 60 秒，然后输出低电平，进入检测状态。灯灭会渐变（输出 PWM 信号）。
7	SC	声控键，感应到人体信号下降沿触发。
8	VSS	

表 3-1 热释红外检测模块引脚介绍

TE200B

PIR

1 5

2 AS083 6

C4 100uf R2C5 C6 3 7

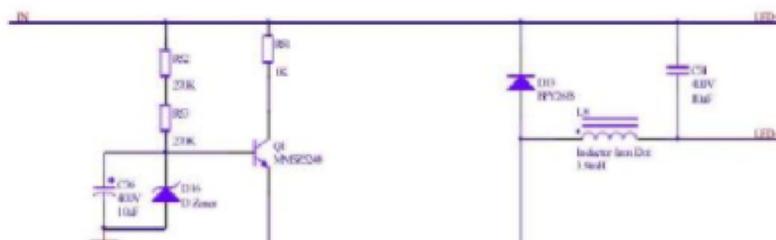
100uf 100uf 4 8

R2

2M

图 2-6 热释红外检测原理图

3. 3LED 驱动



在 LED 驱动中我们选择 HV9910 芯片作为恒流源驱动电路。因为它可以所能驱动电流和电压是我们所需要的，而且它的能源利用率也非常高，最大可以驱动数百个 LED 灯，可以使用 PWM 对该芯片进行低频调光。很适合本设计电路的使用要求。其应用电路图如下图所示。

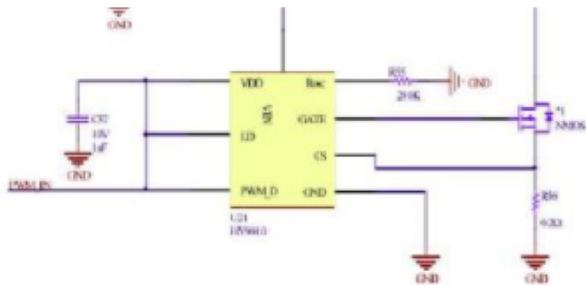


图 2-7 LED 驱动电路原理图

该电路中，LED 灯光的亮度级别，可以通过微处理器发出的 PWM 控制信号可以对其进行控制，这样完全满足调光程序的需求。

3.4 微处理器

系统在更新本地数据库和发送短信时均采用的是异步通信方式，我们在这里主要考虑两种方案：

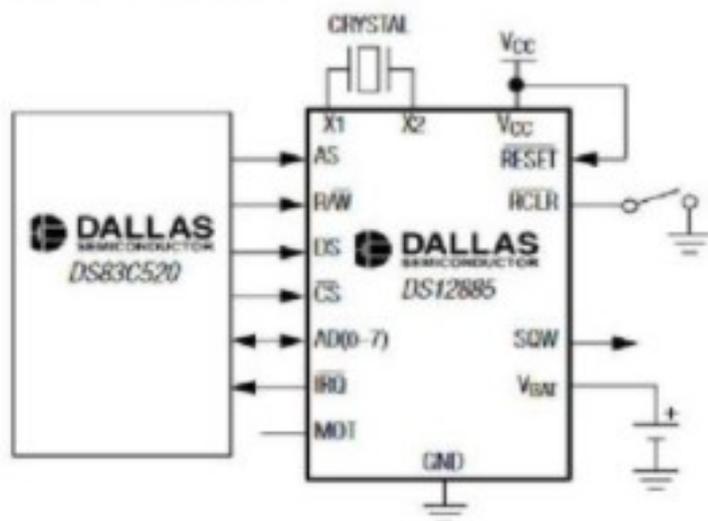
(1) 51 单片机：该单片机有较多的 I/O 口来处理数据，但是其运行速度相对较慢，但是功耗却很高，抗干扰能力也不强。

STM32 单片机：该单片机功能较强、功耗也比较低、以及有先进的 RSIC 内核和外设丰富等优点，是一款性价比很高的单片机。

本设计选用 STM32 作为主控制芯片。

3.5 实时时钟模块

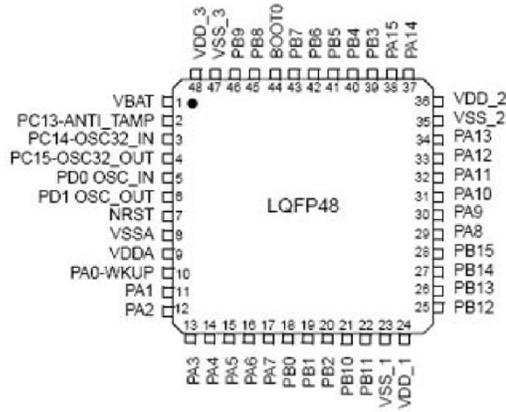
作为路灯控制系统中必不可少的一部分，因为在路灯控制系统中我们要长时间记录并保存数据，就算是没有电的情况下也要能正常计时。而 DS12C887 时钟芯片是比较适合的它可以计算到两千多年前的具体的某一时刻，并且自带晶振和锂电池，就算在没有电的情况下也可以工作很多年。



以下是时钟模块的引脚介绍在写操作中 DS 的下降沿可以将总线上的数据锁存起来，它的上升沿可以将内部数据送往总线。

在读写操作中的下降沿可以清除地址上信息，它的上升沿可以将地址上的信息锁存起来，不管是否能用，芯片都将执行该操作。

该时钟模块有四个控制器，分别是：A、B、C、D；四种模式。



3.6 STM32引脚功能图

编号	引脚	功能
1	VBAT	当关闭VDD时，（通过内部电源切换器）为RTC，外部32KHZ振荡器和寄存器供电。也就是说相当于后备电源
2	PC13-TAMPER-RTC	防篡改
3	PC14_OSC32-IN	32.768K晶振
4	PC15_OSC32-OUT	
5	PDO_OSC-IN	4-16M晶振
6	PD1_OSC-OUT	
7	NRST	复位管脚（RES）
8	VSSA	Vssa, Vdda=2.0~3.6: 为ADC、复位模块、RC振荡器和PLL的模拟部分提供供电。使用ADC时，Vdda不得小于2.4V。Vdda和Vssa必须分别连接到VDD和VSS
9	VDDA	
10	PA0_WAKEUP/CTS2	唤醒MCU/ DCE准备好接受来自DTE的数据
11	PA1-RTS2	DTE请求DCE准备传输数据
12	PA2-TX2	发送数据
13	PA3-RX2	接受数据
14	PA4/AD4	通用I/O
15	PA5/AD5	
16	PA6/AD6	
17	PA7/AD7	
18	PB0/AD8	
19	PB1/AD9	
20	PB2/BOOT1	设置系统启动的方式
21	PB10	通用I/O
22	PB11	
23	VSS_1	
24	VDD_1	

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/255311223042011222>