

AN070231

I/O 扩展器选型指南

Rev 1.1 Date: 2009/12/08

产品应用手册

文件信息

类别	内容
关键词	I ² C-bus, GPIO 扩展器, EEPROM
摘要	基于 I ² C 总线的 GPIO 扩展器件为主控器提供了额外的 I/O 口, 本文介绍了扩展器件的应用场合和选型指南, 为设计者在设计中提供了参考。

<http://www.zlgmcu.com>

广州周立功单片机发展有限公司

 周立功单片机

技术支持

如果您对文档有所疑问，您可以在办公时间（星期一至星期五上午 8:30~11:50；下午 1:30~5:30；星期六上午 8:30~11:50）拨打技术支持电话或 E-mail 联系。

网 址： www.zlgmcu.com

联系电话： +86 (020) 22644358 22644359 22644360 22644361

E-mail: 80c51mcu@zlgmcu.com

销售与服务网络

广州周立功单片机发展有限公司

地址：广州市天河北路 689 号光大银行大厦 12 楼 F4 邮编：510630

电话：(020)38730972 38730976 38730916 38730917 38730977

传真：(020)38730925

网址： <http://www.zlgmcu.com>

广州专卖店

地址：广州市天河区新赛格电子城 203-204 室

电话：(020)87578634 87569917 87578842

传真：(020)87578842

南京周立功

地址：南京市珠江路 280 号珠江大厦 2006 室

电话：(025)83613221 83613271 83603500

传真：(025)83613271

北京周立功

地址：北京市海淀区知春路 113 号银网中心 A 座 1207-1208 室（中发电子市场斜对面）

电话：(010)62536178 62536179 82628073

传真：(010)82614433

重庆周立功

地址：重庆市石桥铺科园一路二号大西洋国际大厦（赛格电子市场）1611 室

电话：(023)68796438 68796439

传真：(023)68796439

杭州周立功

地址：杭州市天目山路 217 号杭州电子科技大学大楼 502 室

电话：(0571) 28139611 28139612 28139613

传真：(0571) 28139621

成都周立功

地址：成都市一环路南二段 1 号数码同人港 401 室（磨子桥立交西北角）

电话：(028) 85439836 85437446

传真：(028)85437896

深圳周立功

地址：深圳市深南中路 2070 号电子科技大厦 C 座 4 楼 D 室

电话：(0755)83781788（5 线）

传真：(0755)83793285

武汉周立功

地址：武汉市洪山区广埠屯珞瑜路 158 号 12128 室（华中电脑数码市场）

电话：(027)87168497 87168297 87168397

传真：(027)87163755

上海周立功

地址：上海市北京东路 668 号科技京城东座 7E 室

电话：(021)53083452 53083453 53083496

传真：(021)53083491

西安办事处

地址：西安市长安北路 54 号太平洋大厦 1201 室

电话：(029)87881296 83063000 85399492

传真：(029)87880865

目 录

第 1 章 GPIO扩展芯片简介	4
1.1 概述.....	4
1.2 功能特点.....	4
1.3 应用场合.....	5
第 2 章 GPIO扩展器的应用	6
2.1 在手机中的应用.....	6
2.2 在板卡中的应用.....	7
2.3 在LED驱动中的应用	7
2.4 在FPGA、DSP、ARM9 等微处理器扩展I/O口中的应用	8
2.5 GPIO扩展器的应用展望	8
第 3 章 GPIO扩展器选型指南	9
3.1 准双向GPIO	9
3.1.1 准双向GPIO的特性	9
3.1.2 典型应用.....	9
3.2 选型指南.....	10
3.3 推挽GPIO	10
3.3.1 推挽GPIO特性	10
3.3.2 典型应用.....	11
3.4 选型指南.....	11
第 4 章 扩展芯片PCA9554 的原理与应用.....	12
4.1 概述.....	12
4.2 管脚图/管脚描述.....	12
4.3 PCA9554 与微控制器的接口软件及功能应用实例	13
A.1 版本信息.....	15
A.2 版权声明.....	15

第1章 GPIO扩展芯片简介

1.1 概述

I/O 口扩展芯片可用于 MCU/DSP/FPGA 通用 I/O 口的扩展，通过 I²C 扩展成 4、8、16 或 40 位的 GPIO。当应用中需要额外的 I/O 口来连接 ACPI 电源开关、传感器、按钮、LED、风扇等时，可使用 I/O 扩展器件实现简单的解决方案。对于远距离很多个控制触点与主机之间的通讯，采用 I²C I/O 扩展技术，可大大简化多股排线布线的问题。其应用电路如图 1 所示。

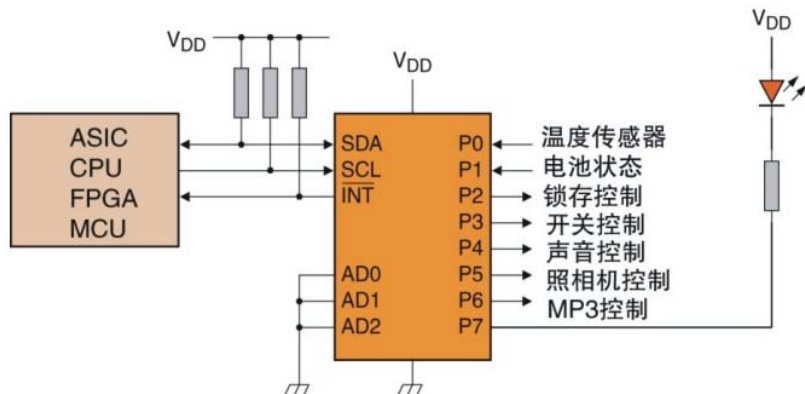


图 1 应用实例

NXP 公司的 I²C I/O 扩展器件种类繁多，根据 I/O 结构，可以分为准双向口和推挽口两大类。扩展器件的特性包括中断输出、复位输入、可编程的 I²C 地址管脚和低功耗。另外，还有一些扩展器集成 EEPROM，可以记录各种客户信息，配置信息。主控器可以根据信息对外设灵活控制，非常适用于数码相机，摄影机器等人机交互类电子产品。扩展器内部结构示意图如图 2 所示。

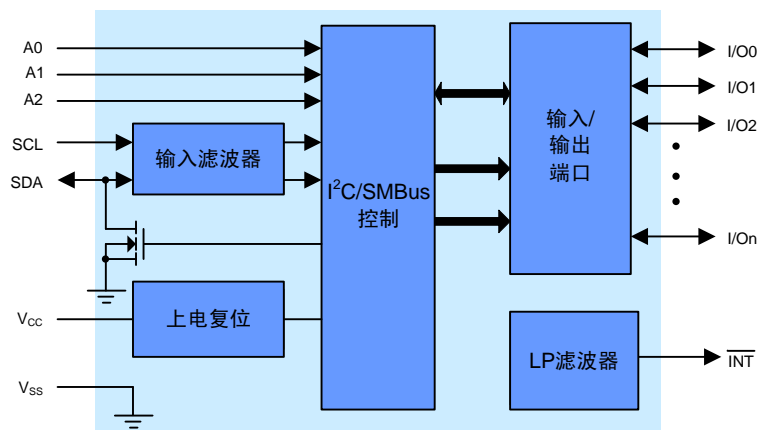


图 2 内部结构示意图

本文主要介绍 NXP 公司的扩展器件应用场合和选型指南，为设计者和工程师在实际应用中提供参考。

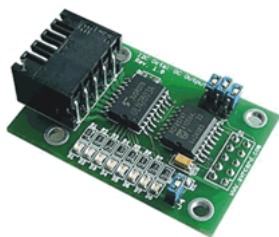
1.2 功能特点

- 可选择 4、8、16、40 位 I/O；

- 准双向口，输出电流可达 $100\mu\text{A}$ ，灌电流可达 20-25mA；
- 推挽，输出电流可达 10mA，灌电流可达 20-25mA；
- 每位可通过 I²C 总线单独编程为输入或输出（开漏/推挽）；
- 总线接口：I²C（400/1000kHz），SPI；
- 更多特性：
 - 硬件复位，中断输出，输出允许控制；
 - 64 个 I²C 从地址（1MHz 器件）；
 - 集成 EEPROM。

1.3 应用场合

- 键盘和开关控制；
- I²C 多卡应用；
- 带热插拔，高输出电流的 I/O 扩展器件；
- 多路数据采集，多路控制；
- 液晶显示器；
- 主板组件；
- ACPI 电源开关、定时器；
- LED 控制；
- 信号检测；
- 传感器，风扇控制。



热插拔系统



多路信号采集



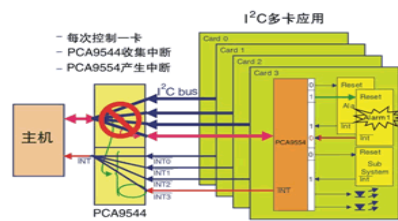
数码相机



LED 显示屏



热插拔板卡



多卡应用系统

图 3 应用场合

第2章 GPIO扩展器的应用

在系统应用中，需监控不同的输入信号或控制几个输出信号，有时需要把这些信号线直接连接到微处理器引脚。通过软件可以监控，然而，这需要很多微处理器的端口处理，占用了 CPU 的资源。

为了节省微处理器引脚，可采用 GPIO 扩展器。这种扩展器大多数采用两线制的 I²C 通信总线，I²C 总线由串行时钟信号线（SCL）和串行数据信号线（SDA）组成。

2.1 在手机中的应用

随着智能便携设备提供的功能日益增多，微处理器的 I/O 口已经不能满足设计需求，因此，可以使用 GPIO 扩展器实现简单的解决方案。GPIO 扩展器在手机应用中有以下优势。

- 小尺寸、低成本；
- 低功耗，延长电池的寿命；
- 提供更多的 I/O 口，使处理器能够控制更多的信号，增加手机的功能；
- 一个标准的串行协议接口（I²C 或 SPI 接口），减少信号传递线路以及 CPU 资源；
- 可以控制逻辑信号输入、输出、LED 驱动器或电源控制开关；
- 带有中断驱动，避免 CPU 轮询造成较大功耗；
- 无需 CPU 干涉即可发挥主要的功能，如 PWM 调光、输入检测等；
- 可以实现电平转换，使输入和输出在高、低电压之间来回切换。

如图 6 所示，GPIO 扩展器在移动手机中的应用。

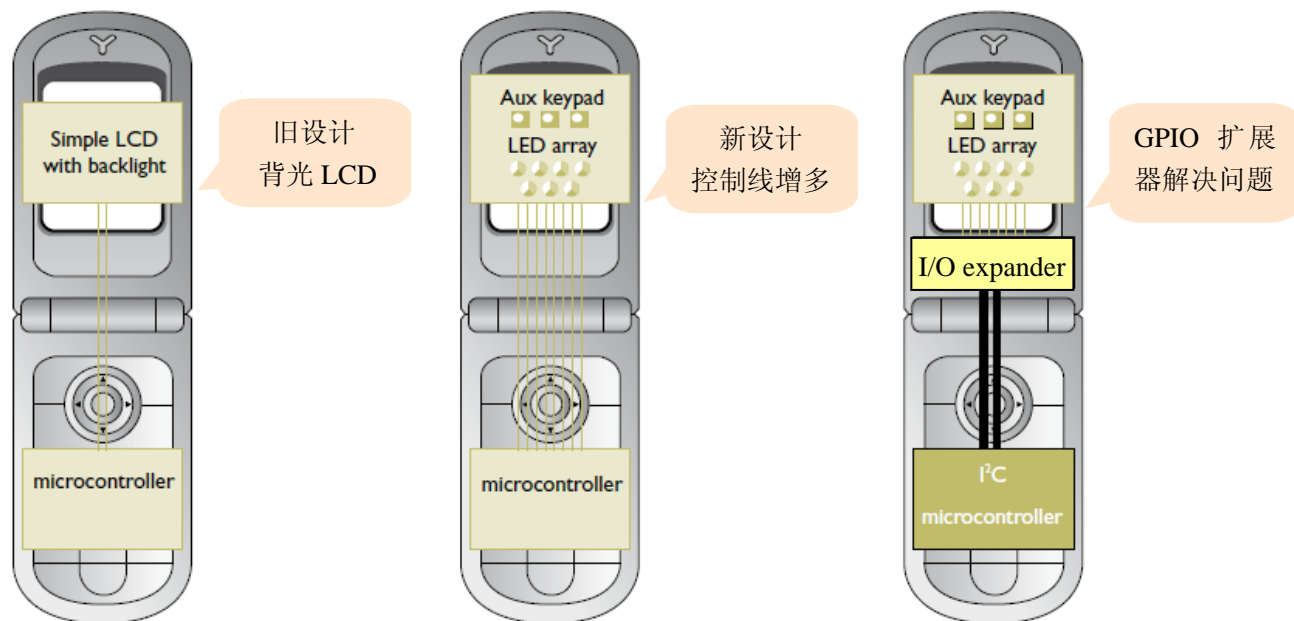


图 4 GPIO 扩展器在手机中的应用

2.2 在板卡中的应用

GPIO 扩展器在板卡中的应用很广泛，也可以用于通信、安防、仪器仪表、工业控制等领域，配合 MCU 完成多个外围电路的控制和信号采集工作。GPIO 扩展器在板卡应用中有以下优势。

- 小尺寸、低功耗；
- 支持热插拔；
- 实现多路 I/O 口的扩展，不需要增加复杂的外围器件，电路结构简单；
- 带有中断、复位等功能，减少对 CPU 的轮询，提高效率；
- 有可编程的 I²C 从地址，允许一条 I²C 总线上挂接多个器件，避免地址冲突问题；
- 可以实现电平转换，因此，可以通过电阻上拉到 3.3V 的 I²C 总线能与工作在 2.5V 或 1.8V 的 GPIO 进行通信。

如图 5 所示，GPIO 扩展器在板卡中的应用。



图 5 在板卡中的应用

2.3 在LED驱动中的应用

LED 在手机和 LED 显示屏中使用很广泛，如图 6 所示。在手机中用于显示屏和键盘背光、功能或状态指标、RGB 闪烁以及电池、信号强度指示。GPIO 扩展器在 LED 驱动中的应用有以下优势。

- 可节省空间、功耗，并减少系统不必要的操作；
- 电流消耗很低，支持输出锁存，具有 25mA 大电流驱动能力，可直接驱动 LED；
- 单个 LED 的 PWM 亮度控制；
- 高压、大电流驱动，无需占用空间的分立晶体管；
- 直接由电池供电的 LED 驱动，降低成本，并消除电荷泵或基于电感的升压电源的 EMI；
- 漏极开路输出端口提供大电流驱动。

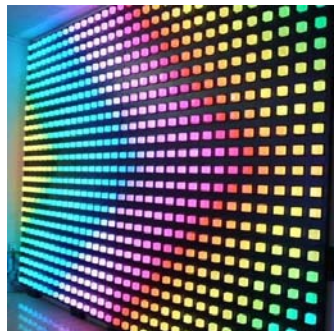


图 6 在 LED 驱动中的应用

2.4 在FPGA、DSP、ARM9 等微处理器扩展I/O口中的应用

由于 GPIO 扩展器具有电平转换的功能，可以满足 FPGA、DSP、ARM9 等微处理器不同电平的要求，实现 I/O 口扩展。

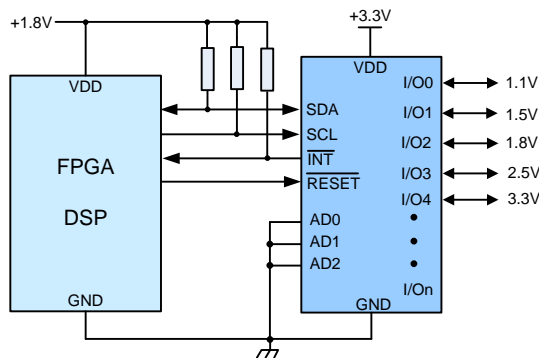


图 7 FPGA/DSP 处理器扩展图

由图 7 可知，这样的电路设计很大程度上减轻了对系统 I/O 口需求的压力，弥补了系统主处理芯片 I/O 口的不足，方便了系统的设计，有利于产品的小型化。同时，可以实现系统电平之间的不同电平需求。

2.5 GPIO扩展器的应用展望

由于 I²C 总线受容抗的限制，所以不能实现长距离的通信。但是，GPIO 扩展器与中继器（如 P82B96）一起使用，就可以实现远距离 I/O 口的扩展。

如图 8 所示，GPIO 扩展器与中继器配合使用，不仅能实现长距离的通信，还节省了大量 MCU。

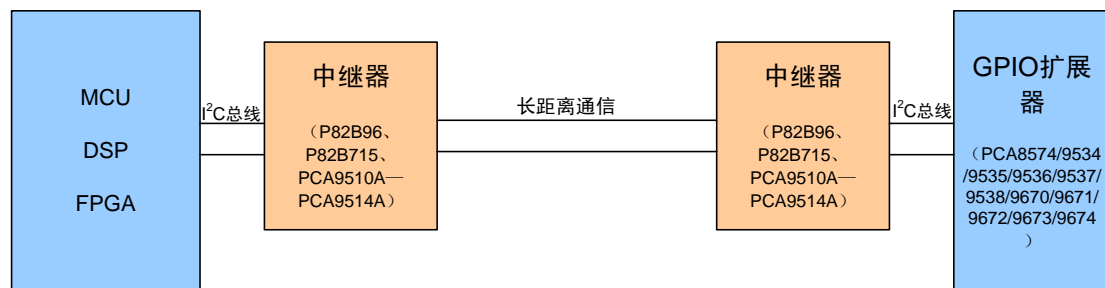


图 8 实现长距离通信

第3章 GPIO扩展器选型指南

根据 I/O 的结构特性，GPIO 扩展器主要分为两大类：准双向口和推挽口。

3.1 准双向GPIO

3.1.1 准双向GPIO的特性

准双向 GPIO 器件有以下共同特性：

- I/O 结构：准双向 I/O 口带内部弱源电流上拉。这种结构允许良好的灌电流（25mA）但限制输出电流（100 μ A）。简单的 I/O 结构允许 I/O 口用作输入或输出口，而不需要配置内部的寄存器。
- I/O 电源驱动能力：
 - 灌电流可达 25mA；
 - 输出电流可达 100 μ A；
- 上电状态：器件上电将 I/O 配置为输入口。

3.1.2 典型应用

如图 9 所示的典型应用中，P0 和 P1 为输入端口，P2~P7 为输出端口，复位管脚和中断管脚可以连接到微控制器，并不是所有的器件都有中断和复位管脚，具体可以查看准双向 GPIO 的选型表，见表 1。扩展器可以通过中断管脚发送中断信号，通知 MCU 是否有数据从端口输入，这就可以减少 CPU 轮询。

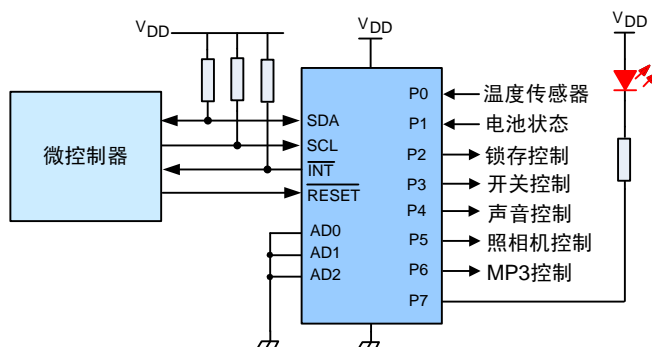


图 9 准双向 GPIO 扩展图

GPIO 每位灌电流可达 25mA，在要求高驱动应用中，两个端口可连接在一起使驱动能力最高达 50mA，当所有 8 个 I/O 口连在一起时驱动能力可达 200mA。因此，GPIO 扩展器可以驱动电流大于 25mA 的负载，通过并联输出可驱动继电器等吸收电流大于 25mA 的负载。每 25mA 负载至少需要一个输出端口。例如，一个 5V、330mW 的继电器吸收电流为 66mA，因此需要 3 个并联输出。任何输出组合均可用作负载设计端口，因为端口的任何组合均在同一时间通过写入扩展器来进行置位或清零，只要确保器件总的吸收电流不高于 200mA。其硬件电路如图 10 所示。

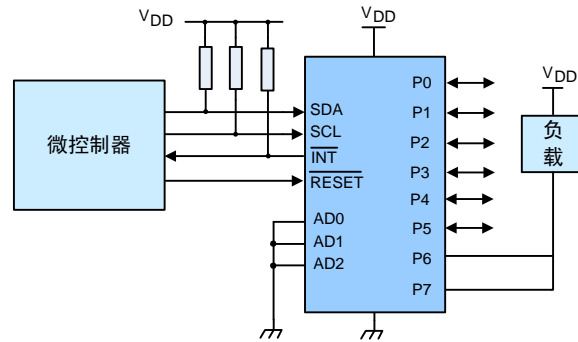


图 10 高电流驱动负载应用

3.2 选型指南

表 1 是准双向 GPIO 的选型表，用户可以根据扩展 I/O 个数、I²C 速率、内置 EEPROM 来选型。

例如，用户需要扩展 8 位 I/O 口、工作电压为 3.3V 和内置 EEPROM，根据准双向 GPIO 选型表，可以很快选出 PCA9500 或 PCA9501。

表 1 准双向 GPIO 的选型表

型号	扩展 I/O	工作电压	I ² C 速率 (kHz)	内部上拉	RESET	INT	2kbit EEPROM	封装
PCA8574	8	2.3~5.5V	400			√		DIP16, SO16
PCA8574A	8	2.3~5.5V	400			√		SSOP20
PCA9500	8	2.5~3.6V	400	√			√	SO16, TSSOP16
PCA9501	8	2.5~3.6V	400	√		√	√	SO20, TSSOP20
PCA9670	8	2.3~5.5V	400		√			SO16, TSSOP16
PCA9671	16	2.3~5.5V	1000		√			SO24, TSSOP24
PCA9672	8	2.3~5.5V	1000		√	√		SO16, TSSOP16
PCA9673	16	2.3~5.5V	1000		√	√		SO24, TSSOP24
PCA9674	8	2.3~5.5V	1000			√		SO16, TSSOP16
PCA9675	16	2.3~5.5V	1000			√		SO24, TSSOP24

注：温度范围（-40~85℃）

3.3 推挽GPIO

3.3.1 推挽GPIO特性

推挽 GPIO 有以下共同特性：

- I/O 结构：推挽（上拉）结构具有良好的吸收和输出电流的能力。通过 I²C 总线可以配置寄存器将 I/O 配置成输入输出口。读寄存器操作的极性根据极性反转寄存器内容而反转。
- I/O 电流驱动能力：
 - 灌电流可达 25mA；
 - 输出电流可达 10mA；
- 上电状态：上电时将所有的 I/O 配置为输入口；
- 内部上电复位。

3.3.2 典型应用

GPIO 推挽的典型应用，如图 11 所示。在设计过程中需要注意的是，并不是所有的 GPIO 扩展器都有复位管脚（ $\overline{\text{RESET}}$ ）和中断管脚（ $\overline{\text{INT}}$ ），具体选型见表 2。推挽具有良好的输出和灌电流的能力，可以驱动 LED、开关等。

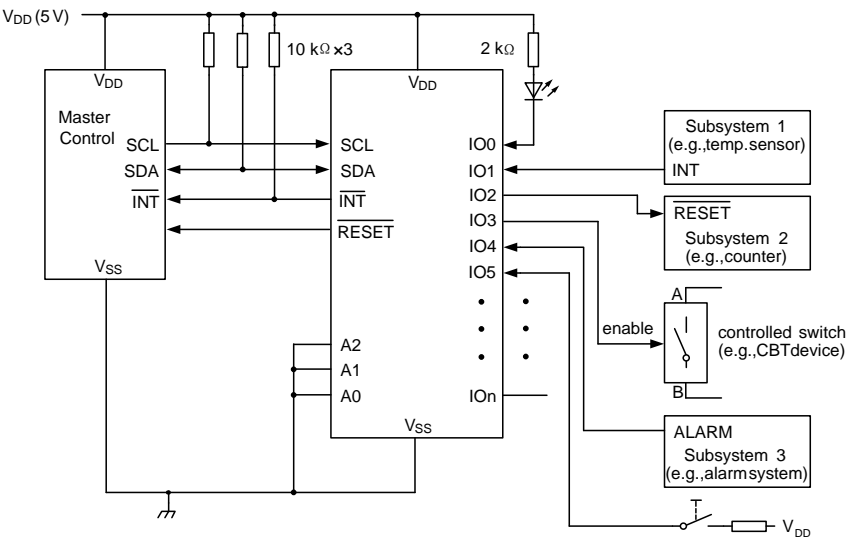


图 11 推挽应用图

3.4 选型指南

表 2 是推挽 GPIO 的选型指南，用户可以根据扩展 I/O 个数、I²C 速率、带 EEPROM 来选型。

例如，用户在实际应用中，需要扩展 40 位 I/O 口，并且 I²C 速率高达 1000kHz，根据推挽 GPIO 的选型表，很快选出 PCA9698。

表 2 推挽输出 GPIO 的选型指南

型号	扩展 I/O	工作电压	I ² C 速率 (kHz)	内部上拉	$\overline{\text{RESET}}$	$\overline{\text{INT}}$	封装
PCA9502	8	2.3~3.6V	400		√	√	SO20, TSSOP20
PCA9506	40	2.3~5.5V	400		√	√	TSSOP56
PCA9534	8	2.3~5.5V	400			√	SO16, TSSOP16
PCA9535	16	2.3~5.5V	400			√	SO24, TSSOP24
PCA9536	4	2.3~5.5V	400	√			SO8, TSSOP8
PCA9537	4	2.3~5.5V	1000		√	√	TSSOP10
PCA9538	8	2.3~5.5V	1000		√	√	SO16, TSSOP16
PCA9539/39R	16	2.3~5.5V	1000		√	√	SO24, TSSOP24
PCA9554	8	2.3~5.5V	1000	√		√	SO16, TSSOP16
PCA9555	16	2.3~5.5V	1000	√	√	√	SO24, TSSOP24
PCA9557	8	2.3~5.5V	1000		√	√	SO16, TSSOP16
PCA9698	40	2.3~5.5V	1000		√	√	TSSOP56

注：温度范围（-40~85℃）

第4章 扩展芯片PCA9554 的原理与应用

4.1 概述

PCA9554 和 PCA9554A 是 16 脚的 CMOS 器件，它们提供了 I²C/SMBus 的应用中的 8 位通用并行输入/输出口 (GPIO)，该器件使 NXP 的 I²C I/O 扩展器件系列得到增强。改进的特性包括更高的驱动能力、5V I/O 口、更低的电源电流、单独的 I/O 口配置、400KHz 时钟频率和更小的封装形式。当应用中需要额外的 I/O 口来连接 ACPI 电源开关、传感器、按钮、LED、风扇等时，可使用 I/O 扩展器件实现简单的解决方案。

PCA9554/54A 包含一个 8 位配置寄存器（输入或输出选择）、8 位输入寄存器、8 位输出寄存器和一个极性反转（高电平或低电平操作有效）寄存器。系统主控制器通过写 I/O 口相应的配置位来激活端口的输入或输出。每个输入或出口的数据都保存在相应的输入/输出寄存器中。读寄存器操作的极性根据极性反转寄存器内容而反转。系统主控制器可以读取所有寄存器的内容。

当任何输入口状态与相应输入口寄存器的值不同时，PCA9554/54A 的开漏中断输出就被激活。该中断可用来向系统主控制器指明输入端口状态的改变。上电复位将所有寄存器设置默认值并使器件状态机初始化。

PCA9554/54A 有 3 个硬件管脚 (A0, A1, A2) 来实现不同的 I²C 地址，最多允许 8 个器件共用一个 I²C/SMBus 总线上。PCA9554 与 PCA554A 的唯一区别在于 I²C 地址不同，这样最多允许 16 个器件 (9554 和 9554A 各 8 个) 连接接到同一个 I²C/SMBus 总线上。下面是 PCA9554 主要性能的概述。

- 工作电压：2.3V~5.5V；
- I/O 口可承受 5V 电压；
- 极性反转寄存器；
- 中断输出，低电平有效；
- 低待机电流；
- SCL/SDA 输入的噪声滤波器；
- 上电时无干扰脉冲信号；
- 内部上电复位；
- 8 个 I/O 口，默认为 8 个输入口；
- 0~400kHz 的 I²C 时钟频率。

4.2 管脚图/管脚描述

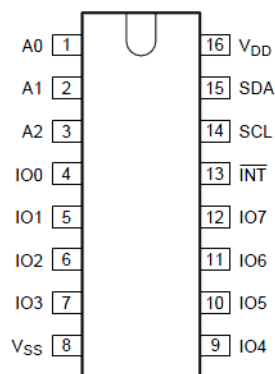


图 12 管脚图

表 3 管脚描述

管脚号	符号	功能
1	A0	地址输入 0
2	A1	地址输入 1
3	A2	地址输入 2
4—7	I/O0—I/O3	I/O0 到 I/O3
8	V _{SS}	地
9—12	I/O4—I/O7	I/O4 到 I/O7
13	$\overline{\text{INT}}$	中断输出（开漏）
14	SCL	串行时钟线
15	SDA	串行数据线
16	V _{DD}	电源

4.3 PCA9554 与微控制器的接口软件及功能应用实例

按 I²C 总线规约，PCA9554 的器件地址为 0x40，PCA9554A 的器件地址为 0x70，当然，由于硬件地址引脚 A0~A2 可寻址 8 个器件，所以器件地址并不唯一，例如：A0 接 GND，A1 接 VCC，则 PCA9554 的器件地址为 0x4C。

下面首先给出基本的应用原理图如图 13 所示（以 4 个按键输入和 4 个 LED 为例），在图中，使用 P89V51RB2FN 单片机作为主控芯片，单片机的 P1.3 管脚与 PCA9554 的 SDA 管脚相连，P1.2 管脚与 PCA9554 的 SCL 管脚相连。S1 控制 LED1，S2 控制 LED2，S3 控制 LED3，S4 控制 LED4。程序见程序清单 1。

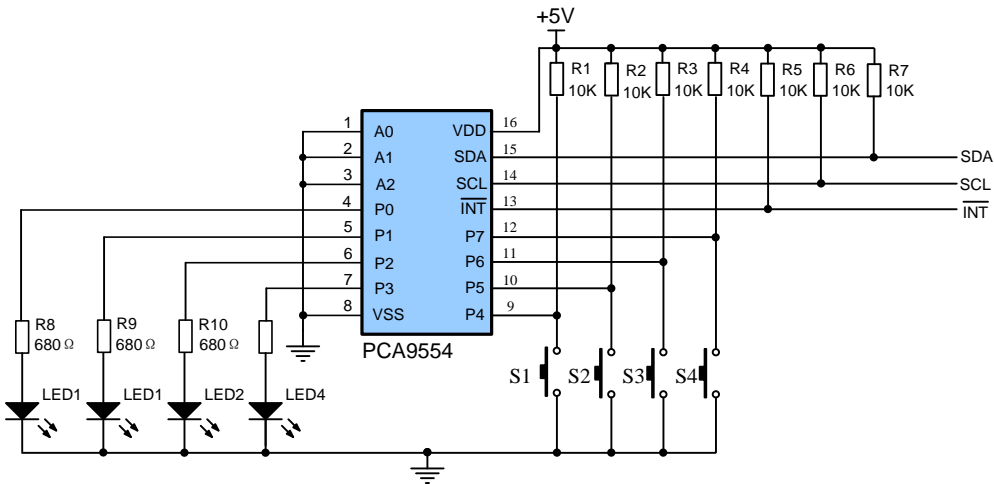


图 13 应用原理图

程序清单 1 PCA9554 操作例程

```

/*****
//文件名: Example.C
//功能: PCA9554 操作例程
//日期: 2009/09/05
//版权: 周立功单片机发展有限公司
/*****

#include "reg51.h"
#include "intrins.h"

```

```

#include "VI2C_C51.H"
#define uchar unsigned char
#define PCA9554 0x40 //定义器件从地址

sbit SDA=P1^3; //模拟 I2C 数据传送位
sbit SCL=P1^2; //模拟 I2C 时钟控制位
extern bit ISendStr(uchar sla,uchar suba,uchar *s,uchar no);
extern bit IRcvStr(uchar sla,uchar suba,uchar *s,uchar no);

/*****
//Delays: ms 级别延时子程序
*****/

void Delays(void)
{
    uchar i,j;
    for(i=0;i<0xfe;i++)
    {
        for(j=0;j<0xff;j++);
    }
}

void main(void)
{
    uchar buff1[1]={0xf0}; //配置 I/O 口的方向，高 4 位为输入口，低 4 位为输出口
    uchar buff2[1];

    Delays();
    while(1)
    {
        ISendStr(PCA9554,0x03,buff1,0x1); //发送命令字 03,设置所有 I/O7-I/O4 为输入口,I/O3-I/O0 为
        输出口
        IRcvStr(PCA9554,0x00,buff2,0x1); //从 PCA9554 数据到 buff2,读 I/O 当前状态值
        buff2[1]=~(*buff2<<4);
        ISendStr(PCA9554,0x01,buff2,0x1); //发送命令字 0x01,把数据发送出去
    }
}

```

上面程序调用的 I²C 软件包包含发送（ISendStr）、接收（IRcvStr）函数，相关软件包可以在 <http://www.zlgmcu.com> 下载。

A.1 版本信息

修订版本	修订日期	描述
Rev 1.0	2009 年 9 月 8 日	原始版本
Rev 1.1	2009 年 12 月 8 日	修改了表 2 的内容

A.2 版权声明

广州周立功单片机发展有限公司随附提供的软件或文档资料旨在提供给您（本公司的客户）使用，仅限于且只能在本公司制造或销售的产品上使用。

该软件或文档资料为本公司和/或其供应商所有，并受适用的版权法保护。版权所有。如有违反，将面临相关适用法律的刑事制裁，并承担违背此许可的条款和条件的民事责任。

本公司保留在不通知读者的情况下，修改文档或软件相关内容的权利，对于使用中所出现的任何效果，本公司不承担任何责任。

该软件或文档资料“按现状”提供。不提供保证，无论是明示的、暗示的还是法定的保证。这些保证包括（但不限于）对出于某一特定目的应用此软件的适销性和适用性默示的保证。在任何情况下，公司不会对任何原因造成的特别的、偶然的或间接的损害负责。