

MP413

使用手册



- USB 总线 AD 采集模块
- 16 路单端/8 路差分输入。
- 16 位 20KHz AD
- 内置 4K 采样点存储器
- 两路 12 位 DA
- 支持查询及快速采样模式
- 开关量：16DI/16DO
- 两路 24 位计数器
- 两路 20 位脉冲发生器

在开始使用前请仔细阅读下面说明

检查

打开包装请查验如下：

- ◇ MP413采集模块
- ◇ 手册及光盘。
- ◇ 20、40线电缆各一套。

安装

将 MP413 插入主机的任何一个 USB 插槽中并将外部的输入、输出线连好。如果主机有多套 MP 系列 USB 模块，请每次只安装一个模块。软件启动安装请察看第 3 章说明。如果主机 USB 电源供应能力差，请连接附送的电源。

保修

本产品自售出之日起一年内，用户遵守储存、运输和使用要求，而产品质量不合要求，凭保修单免费维修。因违反操作规定和要求而造成损坏的，需缴纳器件费和维修费及相应的运输费用，如果板卡有明显烧毁、烧糊情况原则上不予维修。如果板卡开箱测试有问题，可以免费维修（限购买板卡 10 天内）。

软件支持服务

自销售之日起提供 6 个月的免费开发咨询。

目 录

在开始使用前请仔细阅读下面说明.....	1
目 录.....	2
一、MP413 说明.....	4
MP413 板简介.....	4
适用范围:	4
相关产品:	4
配套端子板:	4
特点:	5
主要特点 、性能:	5
AD 部分:	5
AD 工作模式:	6
DA 输出.....	6
开关量输入输出及计数器.....	7
EEPROM.....	8
软件支持:	8
其他特性.....	8
二、原理说明.....	9
2-1: 简介.....	9
2-2: AD 及数据计算.....	10
模拟输入.....	10
AD 输入校正.....	12
AD 转换数据格式与计算.....	12
2-3:AD 采样的工作模式.....	13
查询采样模式.....	13
快速采样模式.....	13
定时器.....	14
2-4: 开关量部分的原理:	15
2-5: 计数器.....	15
2.6:冲输出原理.....	16
相关操作函数:	17
PWM 方波输出.....	17
单次脉冲输出 (SP 模式, 软件触发单稳态输出)	18
PLP 模式: 个数可编程脉冲输出.....	18
2-7:DA.....	19

三、安装与连接.....	21
3-1: 安装.....	21
3-2: 信号连接注意事项.....	21
3-3: 连接器插座定义.....	22
P1 定义:	22
P2 定义:	22
开关量复合用脚.....	23
辅助电源插座:	23
内部电源选择.....	24
3-4: 配套端子板.....	24
3-5: 常用信号的连接、处理。.....	25
加入隔离电容采集交流信号.....	25
远距离单端信号传输.....	25
利用差分输入测量串联电阻两端的电压.....	26
无源信号前端输出或前端输出隔离的差分连接.....	26
利用开关量输出驱动继电器.....	26
开关量输出驱动光藕.....	27
开关量输入隔离.....	27
四、软件.....	28
4-1: 软件安装与说明.....	28
软件说明.....	28
驱动安装.....	29
4-2: 接口函数说明.....	29
函数简介.....	30
变量约定.....	30
设备操作函数.....	30
AD 操作函数-查询模式.....	31
AD 操作函数-快速采样模式.....	32
转换电压计算:	34
DA 操作函数.....	34
开关量操作函数.....	35
计数器操作函数.....	36
脉冲发生操作函数.....	37
EEPROM 读写操作函数.....	38
4-3: VC 程序编程说明.....	39
4-4: VB 程序编程说明.....	39
4-5 Labview 程序编程说明.....	40
五、附录.....	42

一、MP413 说明

MP413 板简介

MP413是一款USB总线多功能16位采集模块，适用于慢速信号的采集，AD支持查询及快速采集模式。具有16路模拟输入、开关量16路输入/16路输出、二路24位减法计数器（支持脉冲间隔或频率测量功能）、两路20位脉冲发生器、两路12位静态输出DA。采用USB总线，支持即插即用、实时采集。MP413内置8K Byte DFIFO 的采集数据缓冲，可以支持实时全速采集。MP413为用户提供了32byte的EEPROM空间，用户可以利用EEPROM记录数据在板上，并且掉电后不会丢失。

适用范围：

- 慢速信号的采集（不适合波形采集分析）
- 小型仪器

相关产品：

- Mp411 MP411IS MP412 MP416 MP417 USB总线慢速采集模块，分辨率12-20位。
- AC6612 MP413 MP413 PCI总线慢速采集模块，分辨率12-20位。

配套端子板：

- ACS410 端子接线板，提供16路AD的滤波及I/V变换电阻安装位置、32路开关量连接端子。
- ACS615 模拟输入、输出螺丝端子接线板，提供16路滤波、I/V变换电阻安装位置；DA输出连接；提供2路DA输出**电压变换到0-20mA电流**输出。
- AC145N 用于开关量隔离，提供16路隔离及16路隔离输出，输出可以驱动继电器。
- AC140E 用于开关量隔离，提供16路隔离输入、16路小功率继电器输出
- AC140 用于开关量隔离，提供8路隔离输入、8路大功率继电器输出（3A）
- AC110 4路小信号放大板
- AC210 32路模拟扩展板。

特点:

- 16路单端/8路差分输入
- 16位AD, 最大采样速度20KHz, 采用软件自动校正技术, 自动校正零点及满度数值。
- AD输入基本量程: 10/±10V。带程控放大(1, 2, 4, 8倍), 对应输入范围, 单极性: 0-10V/0-5V/0-2.5V/0-1.25V、双极性: ±10V/±5V/±2.5V/±1.25V (对应输入范围选择0-7)。

增益选择 G	输入范围
0	单极性0-10V
1	单极性0-5V
2	单极性0-2500mV
3	单极性0-1250mV
4	双极性±10V
5	双极性±5V
6	双极性±2500mV
7	双极性±1250mV

- 两路12位DA, 输出5V/10V/±5V, 软件选择。
- 开关量: 16入(DI0-DI15)/16出(DO0-DO15)(TTL电平)。
- 2路24位计数器, 支持减法计数及任意个脉冲间隔时间测量(或频率测量)。最大计数频率10MHZ, 脉冲间隔测量采用24位定时器, 基础时钟10MHz, 测量范围200nS-1.6S。输入与开关量输入14、15通道共用。
- 2路20位计数器, 功能: PWM方波、单次脉冲、程控脉冲个数方波。
- AD采集模式: 软件启动单次采集、定时器启动-自动多通道扫描快速采集。

主要特点、性能:**AD 部分:**

- 16路单端/8路差分输入。输入程控放大, 单极性: 0-10V/0-5V/0-2.5V/0-1.25V、双极性: ±10V/±5V/±2.5V/±1.25V (对应输入范围选择0-7)。
- AD转换器: 16位AD
- 速度: 连续采集最大20KHZ (50uS转换时间); 软件查询-单次采集2000-3000次/秒(USB2.0接口)。

- 快速采样模式，利用内部4K采样点（最大4094点）FIFO，及USB BULK传输模式，提供快速采样及数据读出能力，用户可以通过定时器设置采样速度。**此功能作为快速读入数据应用，不建议用在需要严格要求时间的波形信号采集分析上**
- 通道输入阻抗：10兆欧姆。
- 最大共模电压±10.5伏。CMRR>80dB。
- 输入插座：20线扁平电缆插座。
- 快速采集模式，输入通道支持任意起始到任意结束通道的自动扫描及硬件定时器启动。
- 系统精度：±0.3% FSR（10、5伏输入）、±0.4% FSR（2.5、1.25伏输入）。
- 分辨率：16位。
- 噪音（峰值）：

增益G	输入范围	噪音（LSB）
0	单极性0-10V	±2
1	单极性0-5V	±2
2	单极性0-2500mV	±2.5
3	单极性0-1250mV	±3.5
4	双极性±10V	±2
5	双极性±5V	±2
6	双极性±2500mV	±2
7	双极性±1250mV	±2.5

AD 工作模式：

- 启动模式：软件启动-单次采集或定时器启动-连续采集。
- 定时器：内部16位定时器，基准时钟1MHZ（1uS周期）。转换速度约16Hz-20KHZ。

DA 输出

MP413具有2路静态输出12位DA转换器。性能如下：

- 12位DA，分辨率1LSB。
- 输出：0-5V、0-10V或±5V，软件控制。
- 输出信号上升速率：大于0.5V/uS。
- 输出电流：最大±5毫安。
- 精度：0.2% FSR。
- 零点误差：5V档：±10毫伏/10V档：±20毫伏 / ±5V档：±20毫伏。
- 输出上电为0。
- DA的数据输出速度：1000-2000次/秒

开关量输入输出及计数器

■ 16路输入通道，性能：

1. 输入电压：TTL电平，兼容3伏电平。
2. 高电平：大于2伏。
3. 低电平：小于0.8伏。
4. 输入电压范围：0-5伏
5. 输入端口内部通过10K电阻上拉到3伏。因此悬空时，输入=1。

■ 16路输出通道，性能：

1. 输出电压：5伏电平，兼容TTL电平。
2. 高电平：大于2.5伏。
3. 低电平：小于0.5伏。
4. 最大输出电流：10毫安/路。
5. 开关量输出上电自动清零。

■ 二路24位计数器：

MP413有二路24位减法计数器通道0及1号（CNT0、CNT1），范围0-1677213。计数器同时具有测量任意个脉冲间的时间间隔功能。

1. 输入电平：与开关量输入相同。
2. 最大计数频率：10MHz。
3. 计数器输入时钟上升沿有效。
4. 硬件锁存计数器溢出标志（计数器归零），并可以软件读出。
5. 可以测量N个脉冲上升边沿之间的时间间隔（N=2-1677213）。可以快速测量信号的频率。注1
6. 计数器输入通道0号与开关量输入DI14共用。
7. 计数器输入通道1号与开关量输入DI15共用。

注：1 对于慢速信号，采用常规的频率测量方法，需要至少100-1000个脉冲计数，而MP413只要设置N=2，可以准确测量2个脉冲边沿间的时间间隔，即：等效一个脉冲的时间宽度，从而计算出信号频率。

■ 2路20位脉冲输出

两路20位脉冲发生器，支持PWM方波（脉冲宽度可调）输出、软件触发单次正脉冲输出、可编程个数方波输出。

参数：

- ◇ 20位分辨率计数器（范围：2-1, 048, 575），内部时钟10MHz，精度0.05%，分辨率0.1uS。
- ◇ 输出电平:TTL电平，输出电流：最大10毫安。
- ◇ 模式：PWM方波输出、单次正脉冲输出、可编程个数方波输出。
- ◇ 方波输出频率：5MHz - 10Hz。
- ◇ 单次脉冲输出宽度：100nS - 100mS。
- ◇ PWM模式：脉冲的周期与占空比为20位可编程。
- ◇ 单次脉冲输出宽度：20位可编程。

- ◇ 可编程个数方波输出：方波的频率、个数，20位可编程。输出频率2.5MHz-10Hz，可编程脉冲输出个数1 到 1000000个。

EEPROM

MP413还提供了32字节EEPROM空间，用户可以在板卡上记录相关信息，不会随掉电改变。

软件支持：

1. 操作系统支持win98/win2000/winXP/Vista/Win7
2. 开发包：驱动程序、DLL库函数
3. 例子：MFC、VB
4. 测试程序
5. LABVIEW驱动模块、例子。

位置：光盘的\USB\MP413目录。

其他特性

- 总线：符合USB标准
- 工作电流：小于500mA。
- 电源：USB供电，可以选择外部USB辅助供电。
- 外部电源输入电压：5伏，±5%。
- 内部板卡尺寸：10cm x 11.5cm

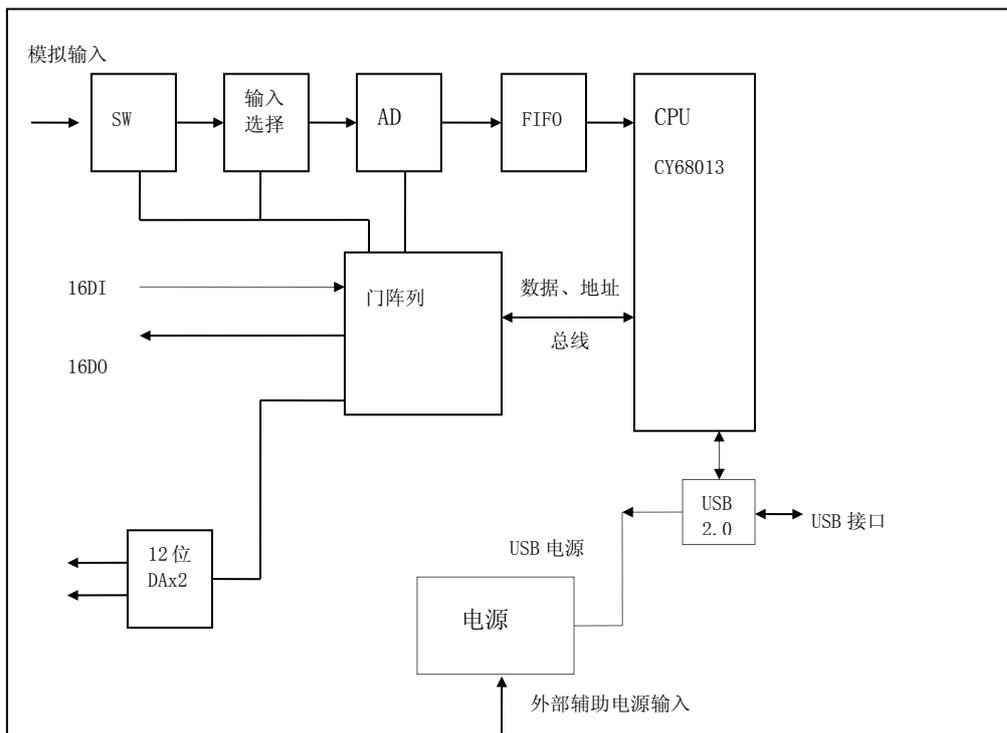
二、原理说明

2-1: 简介

MP413 采用 USB 接口，控制接口采用 Cypress 公司的 CY68013 芯片及 FPGA-大规模可编程器件。AD 部分内置硬件定时器、通道扫描控制及存储 FIFO，支持最快到 20KHz 的采样速度，快速采样模式下，采用 USB 的 BULK 传输模式，数据读出速度大于 1MHz 点/秒(USB 2.0 模式下)。

AD 转换器采用 16 位 AD，支持 20KHZ 速度的连续采集。开关量采用 FPGA 门阵列芯片，提供 4 个 8 位 I/O 口：16 输入/16 输出。输出上电自动清零。并在内部设计集成了 2 个 24 位计数器、2 个 20 位脉冲发生器，计数时钟输入及脉冲输出与开关量共用引脚。同时模块提供 2 路 12 位静态 DA 输出，用于外部控制。

原理框图：



2-2: AD 及数据计算

模拟输入

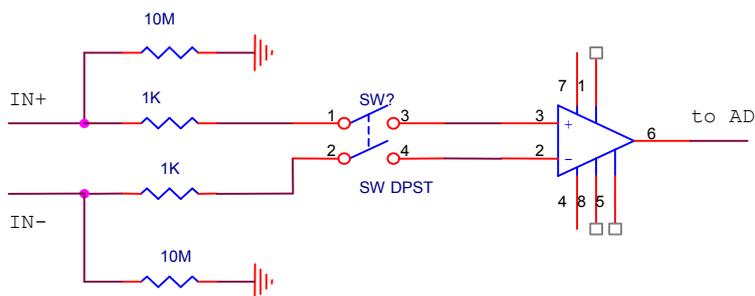
MP413 具有 16 路模拟输入，输入阻抗 10 兆欧姆。输入具有过压保护，可以承受瞬时±20 伏的电压。

16 路输入可以软件设置为 16 单端输入或 8 路差分输入。单端输入时，采样通道为 0-15 号；差分输入时采样通道为 0-7 号（输入通道 AIN0-AIN7 为“+”输入 0-7 号，输入通道 AIN8-AIN15 为“-”输入 0-7 号）。用户可以利用函数 MP413_AD 的 sidi 参数完成设置。

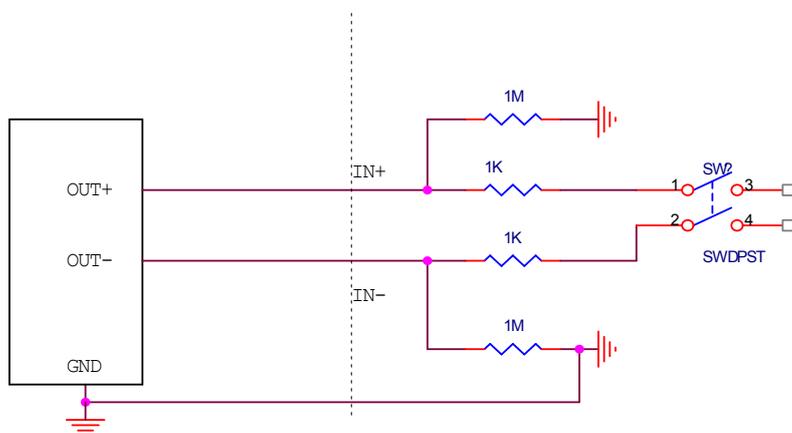
注：

单端输入：输入信号以地线为参考零点。

差分输入：输入信号的幅度 = 正输入电压 - 负输入电压。正负输入的最大电压不能超过±11 伏。MP413 的地线必须连接到输出设备的地线，以提供电压平衡及偏置电流。差分输入原理如下：



双端输入时，每路输入占用二条输入连线，分别为输入“信号+”及输入“信号-”。单端输入 0-7 号对应差分输入+的 0-7 号，单端输入 8-15 号对应差分输入-的 0-7 号。**特别要强调的是：差分输入是三条输入接线**，输入+、输入-及输入地线。输入+/-分别连接外部输出的+/-端，地线连接到外部设备的地线上，如下图：



差分输入的有效电压为：（正输入电压 - 负输入电压），即测量+/-输入的电压差。

采样时，用户可以任意设置起始采样通道 stch 及停止采样通道 endch，要求 endch>=stch。

AD 输入有 8 档量程，由软件控制（详见编程部分说明，分别对应增益选择：0-7 号）。输入范围：

增益选择 G	输入范围
0	0-10V
1	0-5V
2	0-2500mV
3	0-1250mV
4	±10V
5	±5V
6	±2500mV
7	±1250mV

以上的功能:

在查询模式由 MP413_AD () 函数中的参数控制, 如下:

1. ch: 控制 AD 采样的通道号 (=0-15)
2. gain: =0-7, 选择输入范围。

在连续采样模式由 MP413_TAD() 函数设置。

1. stch: 控制 AD 采样的起始通道号 (=0-15)
2. endch: 控制 AD 采样的结束通道号 (=0-15)
3. gain: =0-7。选择输入范围

AD 输入校正

AD 采用自动软件校正, 能够有效的减小温度偏移带来的误差。用户在开始采样工作之前**必须调用一次 MP413_CAL() 函数**, 对 AD 进行一次校正操作, 否则采样误差将极大! 如果连续工作, 建议每 60 分钟(在 AD 不采样时)进行一次 MP413_CAL() 操作, 这样能够有效的自动消除温度变化带来的误差。

AD 转换数据格式与计算

在查询模式, 函数直接返回 AD 采样数据。

在连续采样模式, AD 采样的数据按从 stch 开始到 endch 结束的通道扫描顺序, 循环存放, 如下:

stch, stch+1, ..., endch..... stch, ..., endch,结束

MP413 函数在将数据发送给客户时已经按照顺序将数据存放到客户指定的数组中了(32 位长整形, 其中低 16 位为 AD 采样结果)。

MP413 采用 FIFO 接口, 容量为 4K 采样点。采样数据不断的写入 FIFO 中, 如果数据填充到 4094 个, 用户没有读出数据, MP413 将停止采样等待用户读出数据, 用户读出第一组数据后, AD 将重新开始采样, 采样通道延续以前的通道顺序。

数据格式: 16 位读出数据 (D15-D0) 定义如下:

D15	D14	D13	D12	D11	D10	D9	D8
AD15	AD14	AD13	AD12	AD11	AD10	AD9	AD8

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
AD7	AD6	AD5	AD4	AD3	AD2	AD1	AD0

- D16-D0: 16 位数据的从高到低位。

- AD15-AD0: 16 位采样数据, (MSB - LSB)。

16 位转换数据范围为 0-65535, 对应电压计算:

设: data 为 16 位转换结果。

单极性输入 (G=0-3):

电压= $\text{data} * 10000.0 / 65535.0 / G$ (mV)

双极性输入 (G=4-7):

电压= $(\text{data} - 32768) * 10000.0 / 32768.0 / G$ (mV)

用户可以调用函数 MP413_ADV() 直接计算电压

2-3:AD 采样的工作模式

采样模式分为: 查询与快速两种模式。

查询采样模式

用户只要直接调用 MP413_AD() 函数, 就可以得到采样结果, 但采样速度较慢。

快速采样模式

快速采样模式: AD 在定时器的控制下, 定时转换并将转换结果写入板上的存储器中, 用户可以实时从存储器中顺序读取数据而不停止采样过程。此功能可以快速获取电压信号, **但不建议作为需要严格时间要求的波形信号采集应用。**

函数

MP413_TAD(): 启动快速采样模式, 并设置速度、通道、输入范围

MP413_TAD_Poll(): 查询采样存储器已经转换完毕的数据长度

MP413_TAD_Read(): 从采样存储器中读取用户设置长度的采样数据。

MP413 由于采用一个 AD 转换器+输入转换开关的工作模式, 因此采集是工作在对输入通道进行顺序扫描、分时采样的模式, 所有通道的转换速度之和为 AD 的采样速度。原理: 当一个定时器脉冲到来时, AD 开始一次转换, 采样通道为当前通道, 并在启动 AD 后自动将输入通道设置为下一个转换通道。通道转换顺序为: 从第 N 通道开始顺序转换到第 M 通道结束, 然后又重新从 N 到 M 通道, 如此循环直到用户结束转换, (N、M 定义同上)。转换数据顺序写入 FIFO 中, 如果用户没有及时读走数据造成 FIFO 写满, 硬件会自动停止采样直到用户读走数据后继续按通道顺序采样 (采样结果依然按通道顺序排列, 但采样时间间隔将因此加大)。此模

式下各个通道之间的时间间隔相等，大小为转换时钟的周期。

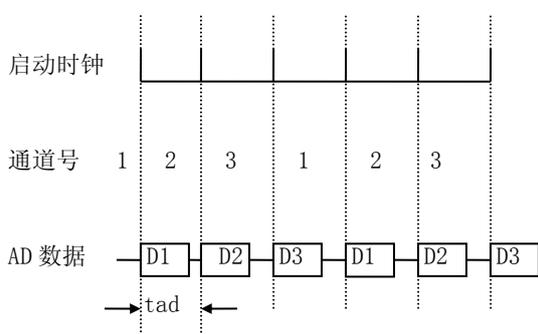
每个通道的采样速度 F 如下：

$$F = \text{定时器频率} / \text{转换通道的个数}$$

相同通道号之间的采样数据的时间间隔：

$$T = \text{转换通道的个数} * \text{定时器设定的时间周期}$$

图示（用户设置转换由通道 1 到 3 号）：



1. D1 D2 D3 为通道 1、2、3 的 AD 转换结果。
2. tad: 用户设置的定时器时间， $tad = tdata * 1\mu S$

定时器

MP413 的 AD 转换时钟启动由板上时钟控制。

定时器输入基准时钟为 1MHz，周期为 1 μ S）。定时器数据由 MP413_TAD() 函数的 tdata 变量设置。定时器为减法计数器，当由用户设置数值 tdata 减到 1 时，发出启动脉冲并自动将定时器数据重新设置为 tdata。

16 位数据取值 (tdata)：50-65535，对应：

转换周期 $T = 1 * N (\mu S)$ ，N：设置的 16 位定时器数据 tdata。

AD 的总转换频率 $F = 1000 / tdata$ (KHz)

最小转换周期为 50 μ S (tdata=50, 20KHz)，由此转换周期为：50 μ S ~ 65536 μ S。

小结：连续采样模式

1. 转换触发启动：软件。
2. 采样通道控制：起始通道/结束通道（stch/endch）。
3. 定时器设置：tdata 控制转换速度

2-4：开关量部分的原理：

MP413 开关量提供 16 个输入及 16 个输出接口。所有的输出接口在上电初始时为“0”或低电平。输入接口内部上拉到+电源，如果没有外部输入，读入数据为 1。

16 位输入 DI0-DI15 由函数 MP413_DI() 读入。

16 位输出 D00-D015 由函数 MP413_DO() 设置。

输入或输出的 32 位数据的低 16 位（D15-D0）有效，分别对应输入或输出通道 15-0 号。

MP413 的 DI0 兼容 5 伏 TTL 电平，输入可以承受 8 伏电压，输出高电平通常为 2.8 伏-5 伏（5 伏 TTL 逻辑通常大于 2.3 伏，就认为逻辑 1）。

开关量输入 DI12 DI13 DI14 DI15 分别与触发、AD 外部时钟、计数器 0、计数器 1 等特殊输入共用，不用为特殊输入时，可以作为正常开关量输入使用。

2-5：计数器

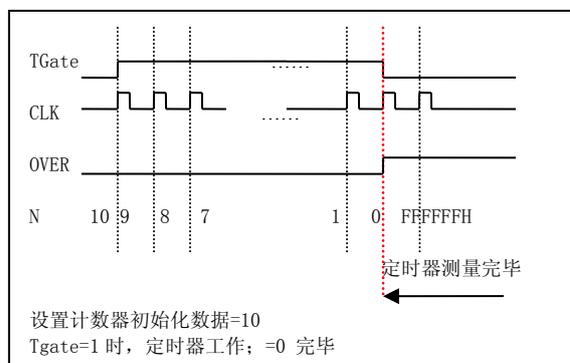
MP413 具有 2 路 24 位计数器 cnt0、cnt1。工作模式：减法计数模式，同时支持测频或 N 个脉冲上升边沿间的间隔时间测量。计数器 0 及 1 号输入时钟与开关量输入 DI14、DI15 共用。

当用户利用函数 MP413_CNT_Run 设置计数器初始化数值、工作模式后，溢出标志位自动清零并开始减法计数，同时内部 24 位定时器开始清零并在第一个有效输入脉冲边沿到来时开始加法计数（计数时钟为 10MHz）。用户可以通过调用 MP413_CNT_Read() 函数，随时读入 24 位计数器数值 cdata 及定时器数值 tdata，如果计数器溢出（从 0 减到 FFFFFFFH），返回数值=1，硬件会自动保留溢出状态及此时的定时器数据直到用户重新设置计数器。

因此用户可以在计数的同时，测量信号的频率或脉冲间隔。例如：如果初始化计数器数值=2，那末定时器的时间表示两个上升脉冲之间的宽度或一个波形的宽度，通过宽度，用户可以方便的计算出信号的频率，当然，用户也可以将计数器初始化数值设置为如何大于 2 的 24 位数据，来测量 N 个边沿之间的时间。但需要注意，定时器的最大定时长度为 1600mS，数值=FFFFFFH（即：16777215），如果读出数据等于 FFFFFFFH，表示定时器已经超量程。

脉冲宽度=tdata*0.1uS tdata: 定时器数值

计数器的波形示意图:



注:

1. TGate: 定时器开始工作标志
2. CLK: 计数时钟或脉冲输入
3. OVER: 溢出标志
4. N: 计数器数值

2.6: 冲输出原理

MP413 具有 2 路独立 20 位脉冲输出发生器 tout0、tout1, 时钟频率为 10MHz, 分辨率 100nS。可以精确发生 PWM 方波、单次正脉冲及可编程脉冲个数方波, 脉冲周期为 200nS – 1600mS。

脉冲调到 0、1 号输出与开关量输出 D014、D015 共用。当用户启动脉冲输出时, 对应通道的开关量输出自动转换到相应通道的脉冲输出; 当用户利用 MP413_Pend 结束输出操作时, 对应的输出口自动转换到相应开关量输出通道。

工作模式:

模式 0: PWM 模式。宽度可编程方波输出。用户可以定义输出方波的周期及占空比。

模式 1: SP 模式。单次正脉冲输出。

模式 2: PLP 模式。可编程脉冲个数输出。用户可以控制发出 N 个用户定义周期的方波。数量 N 及方波的周期或速度为 20 位可编程。

相关操作函数：

- ❑ MP413_PRUN：启动脉冲输出
- ❑ MP413_PState：查询输出是否完成（SP 模式下：单次脉冲输出是否结束 / PLP 模式下：用户定义的输出脉冲个数是否都输出完毕）
- ❑ MP413_Pend：停止脉冲输出，同时将对应的输出端口恢复为 D0 输出。
- ❑ MP413_PSetData：重置脉冲输出数据，主要用于 PWM 模式，使用户可以连续改变脉冲的频率、占空比。

PWM 方波输出

用户通过 MP413_PRUN(HANDLE hDevice, int32 pch, int32 pmode, int32 pdata0, int32 pdata1) 函数设置模式 pmode=0，并初始化数据 pdata0、pdata1 后，板卡开始连续输出方波。方波的周期由 pdata0 控制，方波的高电平宽度由 pdata1 控制。Pdata0 为 20 位数据，范围：2 - FFFFFH，控制方波的周期，周期= $\text{pdata0} * 0.1\mu\text{s}$ 。Pdata1 20 位数据，范围：1 - FFFFFH，控制方波的正脉冲宽度，宽度= $\text{pdata1} * 0.1\mu\text{s}$ ，pdata1 必须小于或等于 pdata0。例：pdata0=100, pdata1=30 则输出一个周期=10 μs ，正脉冲宽度=3 μs 的方波。

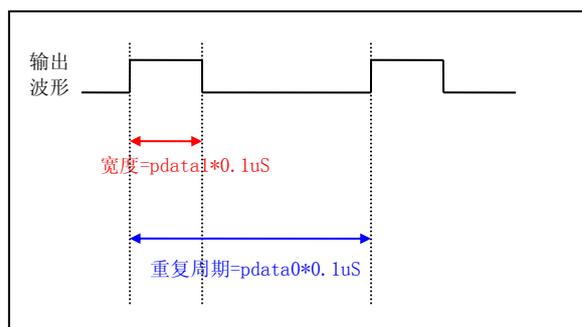
在输出过程中如果需要改变输出参数，可以调用 MP413_PsetData() 函数设置，**新设置的参数只有在在一个完整脉冲输出完毕后才起作用。**

提示：

1. 方波输出的频率 = $10\text{MHz} / \text{pdata0}$ 。
2. 如果 $\text{pdata1}/\text{pdata0}=1/2$ 则输出标准方波。

MP413 的方波输出频率范围为：5MHz - 10Hz。

输出示意图：

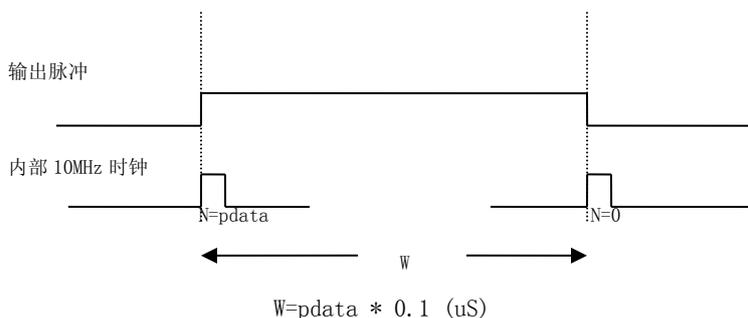


PWM 输出可以应用于:

1. 方波输出。
2. 灯光或电机控制，通过输出固定频率的信号（pdata0 固定），并设置占空比（调节 pdata1）来控制亮度或转速，等效一个 DA 转换器。
3. 电压信号的远程传输，因为数字信号通过隔离或差分发送器（RS485 或 422 发送器）可以传输很远，可以通过固定周期而调节脉冲的宽度来表示电压信号的幅度，最大分辨率可以到 20 位。
4. DA 转换器，用固定周期 PWM 脉冲，调节输出宽度，并控制一个电压积分电路，可以直接控制输出电压。

单次脉冲输出（SP 模式，软件触发单稳态输出）

用户通过 MP413_PSRun(HANDLE hDevice, int32 pch, int32 pmode, int32 pdata0, int32 pdata1) 函数设置模式 pmode=1，在内部时钟（频率为 10MHz）的第一个上升边沿输出由 0 变为 1，直到 pdata0 个脉冲后，输出变为 0。Pdata0 为用户设置的 20 位数据，范围 1-FFFFFFH。输出脉冲的时间宽度为：pdata0*0.1uS。用户可以以 100nS 为单位设置输出脉冲的宽度，输出脉冲宽度范围：100nS - 100mS。pdata1 在 sp 模式中无效。用户可以通过 MP413_PState(HANDLE hDevice, int32 pch) 函数的返回值判断输出是否结束，返回 0 表示输出结束。



注：N：内部计数器数值。

单次输出可以应用于:

1. 控制电磁阀、快门的一次性开启时间。
2. 输出单脉冲。
3. 输出触发信号。

PLP 模式：个数可编程脉冲输出

用户通过 MP413_PRUN(HANDLE hDevice, int32 pch, int32 pmode, int32 pdata0, int32 pdata1) 函数设置模式 pmode=2，开始输出 pdata1 个方波，输出完 pdata1 个方波后自动停止。方波的周期由 pdata0 控制，pdata0 范围：4 - FFFFFFFH，输出方波的个数有 pdata1 控制，范围：1 - FFFFFFFH。用户可以通过 MP413_PState(HANDLE hDevice, int32 pch) 函数的返回值判断输出是否结束，返回 0 表示输出结束。

提示:

1. 方波输出的时间周期= $pdata * 0.1$ (uS)
2. 对应频率 = $10\text{MHz} / pdata$
3. MP413 的方波输出频率范围为: 5MHz - 10Hz。

应用:

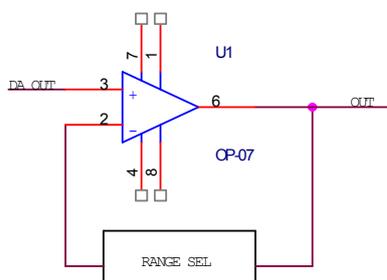
1. 数据采集时钟信号发生。
2. 步进电机控制。

2-7:DA

MP413 具有两路静态 DA 转换器, 可以通过函数 MP413_DA_Mode 设置输出范围: 5/10/±5 伏。

注意: 在上电后, 必须进行一次初始化操作, 才能正常使用 DA, 函数: MP413_DA_INI()。

模拟输出部分原理示意:



DA 输出信号到缓冲放大器, 同时将 DA 输出的 0-2.5V 信号变换为 5、10 伏、±5 伏信号。由于运算放大器输出**无法驱动电容、电感负载**, 因此应用时如果驱动类似负载, 请在输出与被驱动设备中间串接一个 100 欧姆到 500 欧姆的电阻。DA 输出为静态低速信号, 适合作为控制信号, 不适合输出波形信号。

电压计算:

5 伏: 输出电压= $data * 5000 / 4095.0$ (mV)

data(范围 0-4095) 为 12 位 DA 数据。

10 伏: 输出电压= $data * 10000 / 4095.0$ (mV)

data(范围 0-4095) 为 12 位 DA 数据。

±5 伏：输出电压 = $(\text{data} - 2048) * 5000 / 2048.0$ (mV)

data(范围 0-4095)为 12 位 DA 数据。

DA 输出通过函数 MP413_DA () 设置。

三、安装与连接

3-1: 安装

关于 USB

用户的计算机必须支持 USB，如果没有 USB 接口，用户可以通过安装扩展卡来实现，具体的价格请咨询您的经销商。

一些老笔记本计算机的供电能力有限，如果 MP413 因此不能正常工作，请使用外接 USB 辅助电源。

如果用户希望将 MP413 放置在远离计算器的地方，可以利用 USB 延长线来解决，一条延长线可以延长 5 米，最多可以延长 20 米（或以实验结果确定）。

3-2: 信号连接注意事项

■ 模拟输入：

1. 输入连接电缆必须用屏蔽电缆，电缆的屏蔽外层最好只在一端连接到地线上。
2. 模拟信号的地线应该连接到前端的模拟输出的地线上，不能与数字地线混合。如果需要混合数字、模拟地线，可以将数字地线连接到前端的电源地线上。
3. 如果前端信号干扰较大，如电力信号采集应用时，最好将 PC 机的外壳与前端的地线单独连接。这样可以避免干扰、高压烧毁 MP413。
4. 对于高精度采样，要求前端设备输出有尽量低的输出阻抗及电流驱动能力。

■ 开关量：

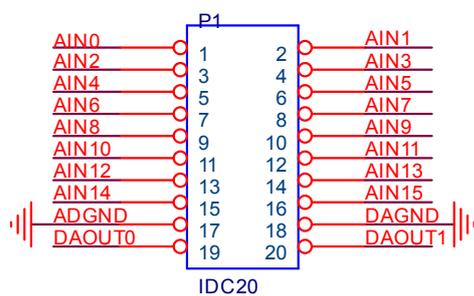
1. 开关量输入电平不能低于-0.3V 或高于+5V。
2. 输出不要对地线、电源短路。
3. 输出如果需要驱动大功率设备，为防止干扰应该选用 AC145、AC140 端子板，将输出与设备隔离。

3-3: 连接器插座定义

MP413 有二个扁平电缆连接器：P1、P2。

- P1:20 脚扁平电缆插座对应 16 路模拟输入、触发输入。
- P2:40 脚扁平电缆插座对应 32 路开关量。

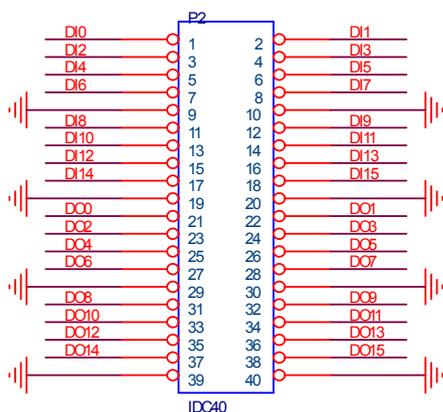
P1 定义:



说明:

- 单端模式：AIN0-AIN15 对应 16 路单端模拟输入通道 0-15 号。
- 差分模式：AIN0-AIN7 对应 8 路+模拟输入 0-7 号，AIN8-AIN15 对应 8 路-模拟输入 0-7 号。
- 脚 17、18 模拟输入 AD 的地线。
- 脚 19, 20: DA 通道 0、1 号输出。

P2 定义:



说明:

- DI0-DI15 对应 16 路开关量输入 0-15 号。
- D00-D015 对应 16 路开关量输出 0-15 号。
- 脚 9、10、19、20、29、30、39、40 地线。
- DI12:同时作为外部触发输入。不用时为 DI12。
- DI13:同时作为外部时钟输入。不用时为 DI13。
- DI14:同时作为计数器通道 0 的计数时钟输入。不用时为 DI14。
- DI15:同时作为计数器通道 1 的计数时钟输入。不用时为 DI15。
- D014:同时作为脉冲通道 0 输出。不用时为 D014。
- D015:同时作为脉冲通道 1 输出。不用时为 D015。

开关量复合用脚

脉冲功能输入、输出交与开关量的输入、输出共用连接，因此如果使用相应的脉冲计数或脉冲输出，对应占用的引脚不能做为开关量使用。

■ 计数器

计数器输入与开关量输入对应管脚:

通道	时钟输入
0	DI14
1	DI15

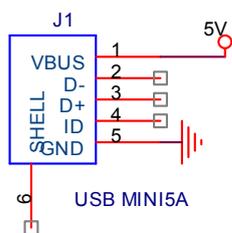
■ 脉冲输出

脉冲输出与开关量输出对应管脚:

通道	脉冲输出
0	D014
1	D015

辅助电源插座:

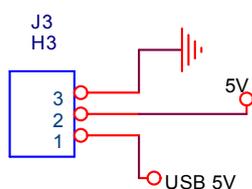
5 芯 mini USB 接口，只用了电源供电部分。



如果 USB 供电不足，可以通过一条 mini USB 线连接辅助供电口与主机 USB 接口提供额外的供电。



内部电源选择



3 位跳线器 J3 选择电源模式，如果用户希望采用自己的 5 伏电源供电，请：

1. 拔掉 J3 的跳线器
2. 电源由 J3 的 2、3 脚输入。2 脚为+5V, 3 脚为地线。

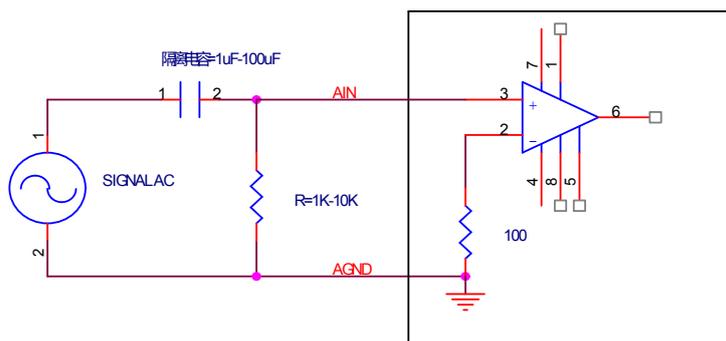
3-4: 配套端子板

MP413 可以配接如下端子板：

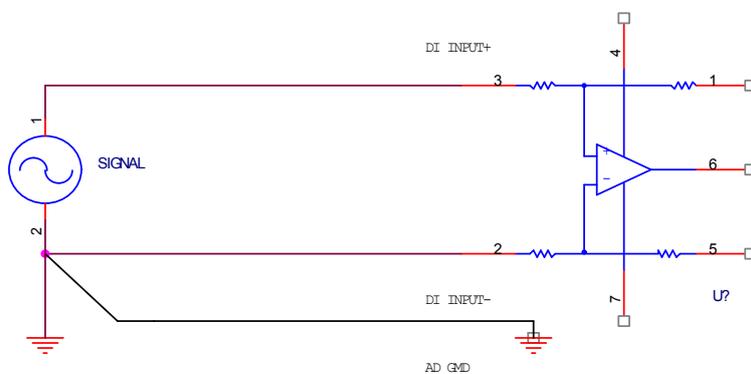
- ACS410: 专用端子板，支持 16 路模拟输入及低通滤波、IV 转换，40 脚开关量输入输出，DA 输出。
- ACS615 模拟输入、输出螺丝端子接线板，提供16路滤波、I/V变换电阻安装位置；DA输出连接；提供2路DA输出**电压变换到0-20mA电流**输出。
- AC110: 4 路小信号放大板。四路差分输入，放大倍率 100、500 倍。
- AC145N: 隔离 16 入/16 出端子板。输入电压 0-24 伏/ 输出：共地输出，驱动电流 100 毫安，输出电压=用户外接电源电压。
- AC140E: 隔离 16 入、16 路继电器端子板。输入电压 0-24 伏/输出：8 路继电器（1A AC/DC）。
- AC140: 隔离 8 入、8 路功率继电器端子板。输入电压 0-24 伏/输出：8 路功率继电器（3A AC/DC）。

3-5: 常用信号的连接、处理。

加入隔离电容采集交流信号

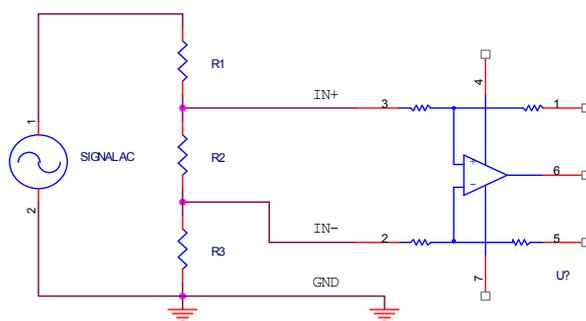


远距离单端信号传输

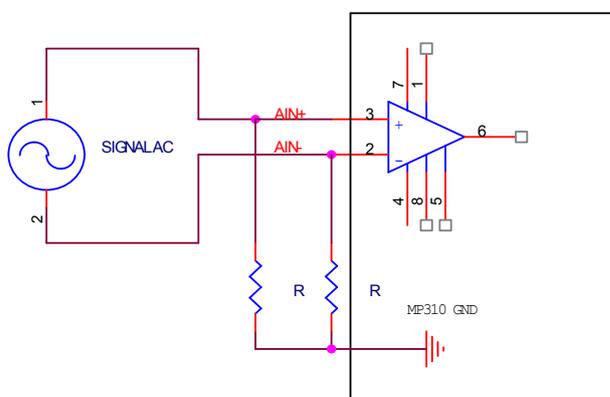


如果现场的连接线很长，可以利用上述方法利用输入差分放大器的共模抑制特性来减小传输中的干扰。差分输入的“+”连接到信号输出，差分输入的“-”连接到信号输出的地线，同时利用额外的一条连线连接AD与信号输出的地线。

利用差分输入测量串联电阻两端的电压

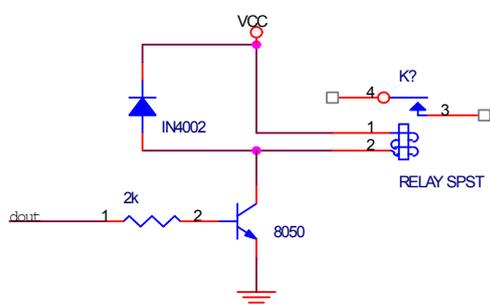


无源信号前端输出或前端输出隔离的差分连接

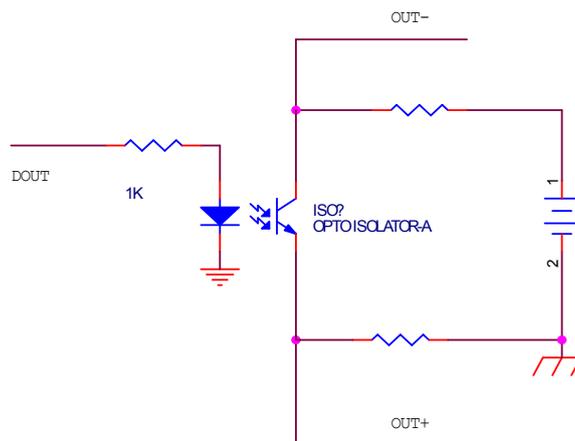


R 的取值范围：1K-10K 欧姆。

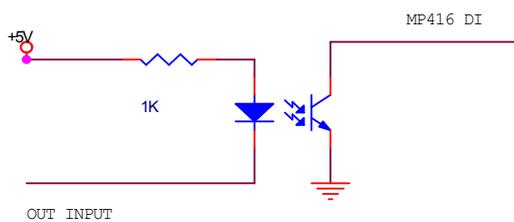
利用开关量输出驱动继电器



开关量输出驱动光藕



开关量输入隔离



四、软件

本章介绍驱动的安装、动态链接库函数使用方法以及针对 MP413 的软件开发指导。请用户在编程前，仔细阅读本手册，了解相关信息。

由于软件可能不断更新，请用户察看光盘中的提示。测试软件及其他软件的说明见光盘目录：\USB\MP413

4-1：软件安装与说明

软件说明

MP413附带光盘中，提供如下内容：

1. 说明书。
2. 驱动程序，支持win98/win2000/winXP/Vista/win7 操作系统。
3. MFC、Visaul Basic编程实例。
4. MP413测试程序。
5. labview例子

注：由于win98、winNT微软已经不提供支持，不建议使用。MP413板卡的驱动不支持winNT。

- 在光盘的\USB\MP413\DRIVER目录中包含：MP413.inf、MP413.sys、MP413.dll、MP413.LIB、MP413.h 5个文件。
 - ◇ MP413.inf 驱动安装文件。
 - ◇ MP413.sys 驱动程序。
 - ◇ MP413.dll 动态链接库。
 - ◇ MP413.LIB MS VC的库文件。
 - ◇ MP413.h C的include文件
- 在光盘的\USB\MP413\MFC目录中包含：
 - ◇ MFC的编程例子
 - ◇ 编程需要的include、lib文件(MP413.h MP413.LIB)。

- 在光盘的\USB\MP413\VB目录中包含：
 - ◇ VB的编程例子
 - ◇ VB编程需要的声明模块程序MP413.bas。

- MP413.EXE：测试程序。

驱动安装

安装方法：

1. 将MP413插入一个USB插槽，如果有多个MP413模块，请每一次安装一个MP413模块。第一次安装的模块的设备号为“0”，第二次安装的模块的设备号为“1”，依次类推。
2. Windows将会显示找到新硬件，可按找到新硬件向导进行下一步
3. 选择搜索适用我的设备的驱动程序，下一步；
4. 选择驱动所在目录，进行安装。（目录：\USB\MP413\driver）
5. 按找到新硬件向导的提示进行下一步；
6. Windows将显示完成添加/删除硬件向导，单击完成即可完成安装过程。
7. 完成后如果安装第二个MP413，插入第二块MP413模块，重复上述安装过程。

安装后，程序自动将 MP413.dll 动态链接库程序拷贝到 windows 系统的 system32 目录中，用户用也可以自己将 DLL 拷贝到当前工作目录中。

驱动安装完毕后在\控制面板\系统\设备管理中的 USB 项目下可以找到 MP413。

1. 如果需要更新设备驱动，请在硬件设备管理目录下选择MP413 -> 按鼠标右键选择属性 -> 选择驱动程序 -> 选择重新安装驱动程序。
2. 当 Visual C++/Visual Basic 例程从 CD-ROM 复制到硬盘时，属性仍将保持为只读属性，这将影响用户调试程序。请**将属性改为文档属性**，这样就可以进行正常的编译、调试工作了。

4-2: 接口函数说明

本卡以 DLL-动态链接库的方式封装了用户在 win98/win2000/winXP 环境下编程需要的函数。动态链接库可以被 windows 环境下的多数编程语言调用，用户只要正确使用调用格式就能正确调用函数。本手册只提供了 VC、VB 的调用例子，有关其他语言调用的方法，用户可以参考其他书籍或直接在网上查找。

注：所有的函数原型可以在\USB\MP413\DRIVER\MP413.H 文件中获得。

函数简介

MP413 的函数分为：

1. 设备操作函数。用于初始化打开一个有效设备并获得操作句柄；关闭一个设备。
2. AD 函数。控制采集及校正。
3. 开关量函数：控制开关量输入、输出。
4. 计数器函数：操作计数器启动、读数。
5. 脉冲函数：控制脉冲输出启动、查询、关闭。
6. DA 函数：控制 DA 模式及输出。
7. EEPROM 函数：用户可以在 MP413 的内部“非易失存储器”中记录 32byte 的数据，并且数据不会因为断电丢失。

MP413 通过不同的句柄来区分多个 MP413 或其他 USB 设备，应用 MP413_OpenDevice 可以得到一个唯一的句柄。如果有多个 MP413 同时工作，建议通过设置 EEPROM 数据来区分用户自己的设备号，例如：0 号 MP413 可以写入“0”，这样用户在打开设备后，读入 EEPROM 数据，就可以知道此设备的句柄对应 0 号 MP413。

变量约定

- HANDLE 操作句柄，等效 32 位有符号数
- int32 32 位有符号数
- char, unsigned char 8 位有符号、无符号数。

设备操作函数

- 打开一个 MP413 设备

函数： HANDLE MP413_OpenDevice(int32 dev_num)

参数：

- ✧ dev_num: 入口参数，MP413 设备号，=0、1、2....，表示第一个、第二个 MP413 模块。设备号的定义参考驱动安装部分。
- ✧ 函数返回值：卡的操作句柄。

注：VC 中如果句柄不等于 INVALID_HANDLE_VALUE，表示正确。VB 中如果句柄不等于 &HFFFFFFF，正确。

- 关闭一个 MP413 设备

函数： int32 MP413_CloseDevice(HANDLE hDevice)

功能： 关闭以 hDevice 打开的 MP413 卡。

参数：

- ✧ hDevice: 入口参数, 卡的操作句柄。
- ✧ 函数返回数值: 0: 成功 / -1: 失败。

AD 操作函数-查询模式

注: 在连续采样过程中不能进行查询模式 AD 转换

- AD 校正操作。

功能: 启动 AD 自动校正操作。在开机时, 至少要进行一次此操作。

函数: int32 MP413_CAL(HANDLE hDevice)

- ✧ hDevice: 入口参数, 卡的操作句柄。
- ✧ 函数返回: 出口参数: =0 操作成功/其他失败。

在上电后第一次采样之前必须调用一次 cal 操作, 否则采样误差极大, 长时间工作后, 请调用一次 AD 校正操作。

- 对 AD 一个通道采样

函数: int32 MP413_AD(HANDLE hDevice, int32 ch, int32 gain, int32 sidi, int32 naver)

功能: 对通道号为 ch 的通道进行次数为 naver 次平均处理的采样, 并且设置输入范围为 gain。

参数:

- ✧ hDevice: 入口参数, 卡的操作句柄。
- ✧ ch: 入口参数 - 32 位有符号数, =0-15 (单端模式, 差分模式=0-7) 对应 AD 输入通道 0-15 号
- ✧ gain: 入口参数 - 32 位有符号数, =0-7, 设置 AD 输入范围。
- ✧ SIDI: 32 位有符号数, 差分、单端输入选择, =0 单端、=1 差分。
- ✧ Naver: 32 位有符号数, 采样的平均次数, =1-100 次。
- ✧ 函数返回数值: 32 位有符号数, 12 位采样数据, 范围 0-4095。

转换电压计算:

设: data 为 16 位转换结果。

单极性输入 (G=0-3):

电压= $\text{data} \times 10000.0 / 65535.0 / G$ (mV)

双极性输入 (G=4-7):

电压= $(\text{data} - 32768) \times 10000.0 / 32768.0 / G$ (mV)

用户可以调用函数 MP413_ADV() 直接计算电压

注: 用户可以用函数 double MP413_ADV(int32 adg, int32 addata) 计算电压

1. 返回电压，单位 mV，双精度浮点
2. `adg`: 用户采样时设置的 `gain` 的数值， =0-7
3. `addata`: 需要计算的 16 位 AD 数据

AD 操作函数-快速采样模式

此功能可以快速获取电压信号，但不建议作为需要严格时间要求的波形信号采集应用。

概况

函数	功能
<code>MP413_CAL()</code>	校正操作
<code>MP413_TAD()</code>	启动 AD 采样，设置采样参数
<code>MP413_TAD_Poll()</code>	查询 MP413 内部的可以读出数据的长度
<code>MP413_TAD_Read()</code>	读入数据（长度必须小于已经得到的采样数据长度）
<code>MP413_TAD_Stop()</code>	停止 AD 连续采样
<code>MP413_ADV</code>	AD 电压计算

MP413 采样支持连续快速采样，用户利用 `MP413_TAD()` 设置参数并启动转换后，利用 `MP413_TAD_Poll()` 函数来获得 MP413 已经暂存采样数据的长度，来决定读入操作的最大长度，利用 `MP413_TAD_Read()` 函数不断回读采样数据直到完成采样任务，如果用户没有及时读走数据并且 FIFO 已经占满，硬件将暂时停止采样直到用户读走数据，硬件自动按原通道顺序重新开始采样，任务结束后调用 `MP413_StopAD` 关闭内部采样过程及停止 MP413 硬件采样功能。在上电后或长时间工作后，请调用一次 `MP413_CAL()` AD 校正操作（必须停止现行 AD 操作后才能进行）。

由于 MP413 的硬件缓冲为 FIFO 模式，因此用户读入数据后，此数据自动从缓冲内部清除。缓冲容量为 4092 采样点。建议用户在定时器中操作 `MP413_TAD_Poll()`、`MP413_TAD_Read()` 函数，定时器速度可以设置在 50-100 毫秒。

□ `MP413_CAL()` AD 校正操作。

功能: 启动 AD 自动校正操作。在开机时，至少要进行一次此操作。

函数: `int32 MP413_CAL(HANDLE hDevice)`

✧ `hDevice`: 入口参数，卡的操作句柄。

✧ 函数返回: 出口参数: =0 操作成功/其他失败。

□ `MP413_TAD()` 设置采样参数并启动 AD 采样

功能: 设置所有与采样相关的参数并启动采样过程。

函数: `int32 MP413_AD(HANDLE hDevice, int32 stch, int32 endch, int32 gain, int32 sisi, int32 tdata)`

✧ `hDevice`: 32 位有符号数，入口参数，卡的操作句柄。

- ✧ stch: 32 位有符号数, 入口参数, =0-15 设置采样的起始通道号码。
- ✧ endch: 32 位有符号数, 入口参数, =0-15 设置采样的停止通道号码。
- ✧ gain: 32 位有符号数, 设置 AD 的输入量程 G。=0-7 对应选择所有的输入范围见下面表格。
- ✧ sidi: 32 位有符号数, 选择输入为 16 路单端模式/ =1 选择输入为 8 路差分模式。
- ✧ tdata: 32 位有符号数, 设置采样频率 (50~65535)。采样频率=1000/tdata(KHz), AD 启动周期=1 * tdata (uS)。详细见第二章说明。
- ✧ 函数返回: 32 位有符号数, 出口参数: =0 操作成功/其他失败。

□ MP413_TAD_Read() 回读采样数据

功能: 读入用户设置长度的采样数据, 如果 MP413 没有足够的采样数据回读, 函数返回实际读出长度为“0”。采样数据的排列按用户设置的起始与停止通道顺序循环排列, 例如: 起始通道=0, 结束通道=2, 读出数据排列按如下顺序:

ch0 ch1 ch2 ch0 ch1 ch2 ch0 ch1 ch2

说明:

1. 每次调用函数得到的数据为为上一次读出数据的下一个数据, 即: 最后读出的所有数据是按通道顺序连续的!
2. 如果 FIFO 缓冲装满, 用户没有读出数据, MP413 将自动停止采样直到用户读走 FIFO 硬件缓冲中的数据, 硬件将自动按停止前的通道顺序进行采样。

详细的说明请参考第二章说明。

用户在编程时, 最好将 MP413_TAD_Read() 函数放置在定时器中, 每隔一段时间进行一次读入操作。每次可以读出的最大长度也可以依靠 MP413_TAD_Poll 函数得到, 用户只要设置 MP413_TAD_Read 的读出长度小于 MP413_TAD_Poll 函数得到的长度就可以了。

函数: int32 MP413_Read(HANDLE hDevice, int32 *rdata, int32 rdlen)

- ✧ hDevice: 入口参数, 卡的操作句柄。
- ✧ rdlen: 用户设置的回读数据长度。(注意: 长度不能大于利用 MP413_Poll() 函数返回的长度)
- ✧ *rdata: 指向存储回读数据数组的指针, 要求数组容量大于 rdlen。用户获取数据及长度后, 必须在下次调用前将数据存储到另外的数组或硬盘中, 以免下次调用覆盖了以前的数据。
- ✧ 函数返回: 如果小于 0 表示 MP413 的硬件或软件缓冲溢出错误(此时以后的采样点均无效)。其他表示用户实际读入数据的长度。如果用户希望读出数据长度大于已经采样的数据长度, 返回 0。

□ MP413_TAD_Poll() 查询硬件缓冲中的采样数据长度

功能: 查询 AD 已经转换完毕的数据长度。

函数: int32 MP413_Poll(HANDLE hDevice)

- ✧ hDevice: 入口参数, 卡的操作句柄。

✧ 函数返回：如果小于 0 表示 MP413 的硬件或软件缓冲溢出错误（此时以后的采样点均无效）。其他表示硬件缓冲中可以读取的数据长度。

□ MP413_TAD_StopAD 停止采样

功能：强行停止采样过程并复位硬件采样电路。用于用户已经完成本次采样任务。

函数：int32 MP413_StopAD(HANDLE hDevice)

✧ hDevice：入口参数，卡的操作句柄。

✧ 函数返回：=0 表示操作有效。

转换电压计算：

注：用户可以用函数 double MP413_ADV(int32 adg, int32 addata) 计算电压

4. 返回电压，单位 mV
5. adg：用户采样时设置的 gain 的数值
6. addata：需要计算的 16 位 AD 数据

DA 操作函数

MP413 有 2 个 12 位 DA 转换器。说明见第二章：2.7:DA 部分。

DA 操作：在板卡初始化时，用户至少需要调用一次 MP413_DA_INI 函数以初始化 DA，然后调用 MP413_DA 函数设置输出电压。由于 DA 输出上电自动清零，因此设置完输出范围后请立即应用 MP413_DA 函数将输出设置为电压“0”输出（单极性设置数据=0，双极性设置数据=2048）。

DA 的电压计算：

单极性模式，输出 0-5 伏（dag=0）：

电压=(data)*5000.0/4095.0 (mV)

单极性模式，输出 0-10 伏（dag=1）：

电压=(data)*10000.0/4095.0 (mV)

双极性模式，输出±5 伏（dag=2）：

电压=(data-2048)*5000.0/2048.0 (mV)

注：

1. data：12 位 DA 数据

2. dag: (0、1、2) 设置的对应 DA 通道的输出模式。

□ MP413_DA 设置输出数据、输出范围

功能: 设置 0 或 1 通道的输出数据。

函数: int32 MP413_DA(HANDLE hDevice, int32 dach, int32 dag, int32 dadata)

- ✧ hDevice: 入口参数, 卡的操作句柄。
- ✧ dach=0、1 选择设置 DA 通道 0、1 号通道。
- ✧ dag: =0-2 设置输出范围。
- ✧ dadata=0-4095 控制或设置对应通道的电压。
- ✧ 返回: 0 成功, -1:失败

□ MP413_DA_INI DA 初始化操作

功能: 初始化 DA, 并设置输出电压=0。

函数: int32 MP413_DA_INI(HANDLE hDevice)

- ✧ hDevice: 入口参数, 卡的操作句柄。
- ✧ 返回: 0 成功, -1:失败

开关量操作函数

注: 开关量的位操作用户可以参考 [\wwlab disk\应用程序\DIO 位操作 目录](#)

□ 开关量输入

功能: 读入 16 位开关量输入。

函数: int32 MP413_DI(HANDLE hDevice)

- ✧ hDevice: 入口参数, 卡的操作句柄。
- ✧ 函数返回: 出口参数, 返回读入的数据。低 16 位数据 (D15-D0) 对应输入端口 15-0 号。

□ 开关量输出

功能: 设置 16 位输出数据。

函数: int32 MP413_DO(HANDLE hDevice, int32 DO_Data)

- ✧ hDevice: 入口参数, 卡的操作句柄。
- ✧ DO_Data: 入口函数, 输出的数据。数据的低 16 位有效。16 位数据 (D15-D0) 分别对应端口的 16 个 I/O 输出口 15-0 号
- ✧ 函数返回: 出口参数, =0 操作成功, 其他失败。

注: 关于开关量的操作

- 输入：如果需要判断 16 位输入的某一个位的状态，可以利用“与逻辑”操作完成。例：判断第 DI7 位的状态，DI7 对应二进制 0000 0000 1000 0000 即：16 进制 0080H，只要将读入数据 didata 进行以下操作：

```
VC: int32 I;
    I=didata & 0x0080;
VB: dim I as int32
    I=didata AND &H0080
```

判断如果 I=0，表示 DI7=0，否则为 1。

- 输出操作：如果希望对 16 位输出端口的某一个输出置位，可以通过与逻辑操作置 0，或逻辑操作置 1。例：输出数据存放在变量 I 中。

1. 输出 D07 置 0 操作：同样第 7 位的二进制码=1111 1111 0111 1111 (第 7 位=0)，对应 16 进制码 FF7FH，输出数据 dodata：

```
VC: dodata=I & 0xff7f;
VB: dodata=I AND &Hff7F
```

2. 输出 D07 置 1 操作：同样第 7 位的二进制码=0000 0000 1000 0000 (第 7 位=1)，对应 16 进制码 0080H，输出数据 dodata：

```
VC: dodata=I | 0x0080;
VB: dodata=I OR &H0080
```

计数器操作函数

MP413 有 2 个 24 位计数器，通道 0、1。说明见：[2-5 计数器原理](#)部分。

- 启动并初始化计数器

功能：复位、设置模式、设置计数器数据并启动计数器开始工作。

函数：int32 MP413_CNT_Run (HANDLE hDevice, int32 cntch, int32 cdata)

- ✧ hDevice：入口参数，卡的操作句柄。
- ✧ cntch：=0-1：选择通道 0-1 号。
- ✧ cdata：24 位计数器初始化数据，=0-FFFFFFH。
- ✧ 函数返回：0 正常/其它失败

- 读出计数器数值及状态

功能：读出 24 位计数器数据、判断计数器溢出、测频或测宽模式时判断操作是否完成。

函数: int32 MP413_CNT_Read (HANDLE hDevice, int32 cntch, int32 *cdata, int32 *tdata)

- ✧ hDevice: 入口参数, 卡的操作句柄。
- ✧ cntch: =0-1: 选择通道 0-1 号。
- ✧ *cdata: int32 指针, 出口数据。读出计数器数据。
- ✧ *tdata: int32 指针, 出口数据。读出定时器数据。
- ✧ 函数返回: 出口参数, =1 计数器溢出。

注: 计数器原理请参照计数器一章。

说明:

1. 24 位计数器的数据范围: 0-FFFFFFH, 从 0 减法计数到 FFFFFFFH, 认为计数器溢出。
2. 宽度测量时(模式 2): 输入正脉冲宽度=24 位计数器数据*0.1 (uS)
3. 频率测量及宽度测量操作的读出数据必须在 Cread 返回=1 后才有效。

脉冲发生操作函数

MP413 有 2 个 20 位多功能脉冲发生器, 每路分别可以独立工作在 3 个工作模式:

工作模式:

模式 0: PWM 模式。宽度可编程方波输出。用户可以定义输出方波的周期及占空比。

模式 1: SP 模式。单次正脉冲输出。

模式 2: PLP 模式。可编程脉冲个数输出。用户可以控制发出 N 个用户定义周期的方波。数量 N 及方波的周期或速度为 20 位可编程。

各个模式说明, 详细见硬件原理部分 “[2.6: 冲输出原理](#)”

- 设置脉冲输出模式、数据、输出端口允许。

功能: 设置并启动输出。

函数: int32 MP413_PRun(HANDLE hDevice, int32 pch, int32 pmode, int32 pdata0, int32 pdata1)

- ✧ hDevice: 入口参数, 卡的操作句柄。
- ✧ pch: =0-1: 选择通道 0-1 号。
- ✧ pmode: 工作模式, =0-2.
- ✧ Pdata0: =0 - FFFFFFFH, 设置 0 号数据。对应 PWM 模式的周期、SP 模式的宽度、PLP 模式的周期。
- ✧ Pdata1: =0 - FFFFFFFH, 设置 1 号数据。对应 PWM 模式的正脉冲宽度、PLP 模式的脉冲个数。
- ✧ 函数返回: 0 正常/其它失败

- 查询工作状态。

函数: int32 MP413_PState(HANDLE hDevice, int32 pch)

- ✧ hDevice: 入口参数, 卡的操作句柄。

- ✧ pch: =0, 1: 选择通道 0、1 号。
- ✧ 函数返回: -1:失败 。 =0 输出为 0 / =1 输出=1。在软件触发单脉冲输出模式下, 查询输出是否结束 (=0)。

□ 设置脉冲输出数据。

功能: 中途改变脉冲输出数据。数据改变后, 脉冲输出将在下一个脉冲起始位置装入新数据。

函数: int32 MP413_PSetData(HANDLE hDevice, int32 pch, int32 pdata0, int32 pdata1)

- ✧ hDevice: 入口参数, 卡的操作句柄。
- ✧ pch: =0-1: 选择通道 0-1 号。
- ✧ Pdata0: =0 - FFFFFFFH, 设置 0 号数据。对应 PWM 模式的周期。
- ✧ Pdata1: =0 - FFFFFFFH, 设置 1 号数据。对应 PWM 模式的正脉冲宽度。
- ✧ 函数返回: 0 正常/其它失败

□ 结束脉冲输出并将对应输出端口恢复到开关量输出。

函数: int32 MP413_PEnd(HANDLE hDevice, int32 pch)

- ✧ hDevice: 入口参数, 卡的操作句柄。
- ✧ pch: =0, 1: 选择通道 0、1 号。
- ✧ 函数返回: -1:失败 。 =0 正常。

EEPROM 读写操作函数

□ 写 EEPROM

函数: int32 MP413_EEPROM_Write(HANDLE hDevice, unsigned char *wbuf)

- ✧ hDevice: 入口参数, 卡的操作句柄。
- ✧ *wbuf: char 指针, 指向一个至少 32byte 的数组, 数组中存放需要写入 EEPROM 的数据。
- ✧ 函数返回: -1:失败 。 =0 正常。

□ 读 EEPROM

函数: int32 MP413_EEPROM_Read(HANDLE hDevice, unsigned char *rbuf)

- ✧ hDevice: 入口参数, 卡的操作句柄。
- ✧ * rbuf: char 指针, 指向一个至少 32byte 的数组, 数组中存放从 EEPROM 读出的数据。
- ✧ 函数返回: -1:失败 。 =0 正常。

4-3: VC 程序编程说明

编程前，将 **MP413.lib** 及 **MP413.h** 程序拷贝到用户当前目录中。（需要的文件在 VC 目录中）

VC 编程的基本流程：

1. 利用显式调用加载函数。MP413.lib、MP413.lib.h 文件必须在当前工作目录中。方法，程序的开始处加入如下语句：

```
#pragma comment(lib,"MP413.lib")
#include"MP413.h"
```

详细可以参考 VC 目录中的程序，MP413_LIB.H 文件包含了需要的函数的声明过程。

2. 利用 MP413_OpenDevice 函数获得板卡的操作句柄。
3. 在退出程序时必须执行如下操作：利用 MP413_CloseDevice 函数关闭句柄

例：

```
//获得所有 MP413 的操作函数
#pragma comment(lib,"MP413.lib")
#include"MP413.h"

HANDLE hDevice=INVALID_HANDLE_VALUE; //硬件操作句柄

Main()
{

    //获得 MP413 硬件操作句柄
    hDevice=MP413_OpenDevice(0); //创建设备驱动句柄，设备号为 0

    ..... //用户程序

    //退出
    MP413_CloseDevice(hDevice); //关闭操作句柄
}
```

详细可以参考光盘上的 MP413 的 VC 目录下的例子。

在编程时必须注意，硬件操作句柄 HANDLE 必须为全局变量或必须传递给有相应硬件操作的函数。硬件句柄只要在程序启动时打开一次即可，不需要每次打开或关闭。

4-4: VB 程序编程说明

编程前，请将 MP413.dll 动态链接库程序拷贝到用户当前目录中或 windows 系统的 system32 目录中

VB 编程的基本流程:

1. 在工程菜单中选择添加模块, 将 MP413.bas 模块添加进来 (该模块在光盘中\USB\MP413\vb 目录中, 应用时将文件拷贝到当前工作目录), 此文件为所有函数的声明文件。
2. 在模块中定义一个硬件操作句柄, 为一个 int32 属性的全局变量, 这样可以被用户程序中的所有 form 调用 (例: MP413.bas 中声明的句柄 hd412)。
3. 利用 MP413_OpenDevice 函数获得板卡的操作句柄。

在退出程序时必须执行如下操作:

利用 MP413_CloseDevice 函数关闭句柄

注: MP413.bas 模块已经包含了所有必要的 MP413 函数的声明语句。

例:

```
DIM hd as int32

Private Sub Form_Load()

DIM I as int32

hd = MP413_OpenDevice(0) '打开设备 0 号, 获得驱动句柄
..... '其他操作

End Sub

.....

Private Sub Form_Unload(Cancel As Integer)

MP413_CloseDriver hd '关闭驱动

End Sub
```

有关用户其他方面的应用请参考光盘中的例程。

注: VB 中如果设备操作句柄不等于 &HFFFFFFF 为有效句柄。

4-5 Labview 程序编程说明

本公司生产的所有采集卡的相关接口函数, 均以动态链接库的形式提供给用户。在使用 LabVIEW 对本公司采集卡进行开发时, 只需通过 LabVIEW 中的 Call Library Function Node 节点来调用我们所提供的动态链接库函数即可对硬件进行相关操作。

目前, 本公司已将客户在 LabVIEW 中通过 Call Library Function Node 节点调用 DLL 函数的过程全部编译为 Sub VI 的形式, 用户只需在 LabVIEW 的 Block Diagram 中点击右键, 选择 ALL Functions->Select a VI,

找到\MP425(Sub VI)目录，将所需 Sub VI 添加到 LabVIEW 的 Block Diagram 中，即可完成对 DLL 函数的调用。

详见光盘中的 LabVIEW 例程及《双诺公司采集卡 LabVIEW 开发手册》。

五、附录

空