

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
G01R 31/34 (2006.01)



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200910063078.7

[43] 公开日 2009年12月9日

[11] 公开号 CN 101598766A

[22] 申请日 2009.7.7

[21] 申请号 200910063078.7

[71] 申请人 华中科技大学

地址 430074 湖北省武汉市洪山区珞喻路
1037号

[72] 发明人 沈安文 覃海涛 杨磊 吴立

[74] 专利代理机构 华中科技大学专利中心
代理人 李智

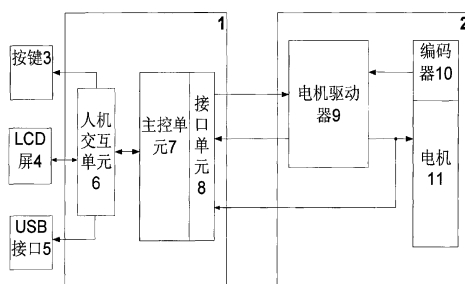
权利要求书2页 说明书12页 附图3页

[54] 发明名称

一种开放式便携电机驱动器全自动测试装置

[57] 摘要

一种开放式便携电机驱动器全自动测试装置，包括依次串接的人机交互、主控和接口单元，接口单元与电机驱动器的外部接口相接。测试者根据测试需求采用自创建的脚本语言编写测试流程脚本文件存于主控单元中；人机交互单元用于选择测试项目和显示测试结果；主控单元根据所选择的测试项目信息，在预存的测试脚本文件中找到其对应的测试指令，调用该指令产生激励信号，将其通过接口单元控制电机驱动器，并接收驱动器返回的运行信息，对其分析处理得到测试结果后反馈给人机交互单元。本发明能够自动快速有效地测试电机驱动器的功能和性能，操作方便，装置扩展性强、结构简单且移动灵活。



1、一种开放式便携电机驱动器全自动测试装置，包括依次串接的人机交互单元（6）、主控单元（7）和接口单元（8），接口单元（8）与电机驱动器的外部接口相接；人机交互单元（6）用于选择测试项目，并显示测试结果；主控单元（7）用于接收人机交互单元（6）的测试项目信息，在预存的测试脚本文件中找到其对应的测试指令，调用该指令产生激励信号，将激励信号通过接口单元（8）传送给电机驱动器，并接收电机驱动器返回的运行信息，对其分析处理得到测试结果后反馈给人机交互单元（6）。

2、根据权利要求1所述的电机驱动器全自动测试装置，其特征在于，所述测试脚本文件的内容包括测试项目索引表和各種测试项目对应的测试指令；所述测试指令包括循环控制指令、辅助指令和功能指令；循环控制指令用于控制测试循环次数；辅助指令用于配合功能指令控制每次测试过程中电机动作的运行及停止时间；功能指令包括通信指令、设置指令和动作指令，通信指令用于修改电机驱动器的内部参数值；设置指令用于设置不同类型的激励信号的输出特性，以及对电机驱动器运行信息的分析处理方式；动作指令用于给出激励信号的输出类型和电机动作信息。

3、根据权利要求1或2所述的电机驱动器全自动测试装置，其特征在于，所述测试指令表达为指令类型+指令参数值，指令类型采用常数表示，指令类型与常数存在一一映射关系。

4、根据权利要求2所述的电机驱动器全自动测试装置，其特征在于，所述主控单元（7）包括电源模块、指令存储模块、结果存储模块、处理器、激励输出模块、反馈输入模块；电源模块为整个测试装置提供电源；指令存储模块用于存储测试脚本文件；处理器接收人机交互单元（6）的项目测

试信息，通过测试脚本文件的测试项目索引表找到其对应的测试指令，调用该指令产生激励信号，将激励信号通过激励输出模块传送给电机驱动器，并通过反馈输入模块接收电机驱动器返回的运行信息，对运行信息作分析处理得到测试结果，将该测试结果存储在结果存储模块的同时反馈给人机交互单元（6）。

5、根据权利要求4所述的电机驱动器全自动测试装置，其特征在于，所述激励输出模块为数字输出模块或模拟输出模块或脉冲输出模块，所述反馈输入模块包括AD采样模块、反馈脉冲输入模块、反馈数字输入模块。

一种开放式便携电机驱动器全自动测试装置

技术领域

本发明属于电机驱动器检测领域，涉及一种对电机驱动器进行自动测试的装置，具体应用于对变频器、伺服驱动器或其它专用电机驱动器进行功能和性能的测试和分析。

背景技术

目前国内外各科研单位所研制的电机自动测试系统，可以实时的对电机的转速、电压及电流进行采集和分析，为电机的测试提供全面的测试数据。如申请号为 200720052590.8 的中国专利文件公开了一种“电机自动检测系统”，它是用数据采集和分析装置来实现对电机的检测，让电机运行的激励部分由其中的可编程逻辑控制器实现，而数据的采集和处理则由工控机中的采集卡实现并由工控机进行处理，系统外接按键和 LCD 屏等设备，虽然它可以实现对电机进行较全面的测试，但是设备复杂，移动和携带都不方便，更重要的是，这些类似的测试装置仅用于电机的测试，功能比较单一。

在电机测试取得进展的同时，国内对电机驱动器进行测试的研究还比较少，使用的也是传统的测试方法：利用一整套仪器仪表，由专门人员读数、记录、然后整理数据并绘制曲线或编写实验报告，但在实际的测试中由于读数、记录、计算等各种人为误差还可能使实验数据分散性大，实验结果的准确性、重复性差。

随着电机工业发展到规模化生产的今天，中小型电机总产量以每年 2% 的幅度增长，为确保产品的高质量，每台电机驱动器在出厂前为了保证其满足各项性能指标，都有必要对其进行出厂前的测试。因此，研制一种能够快速方便的对电机驱动器进行功能和性能进行测试的自动测试装置很有必要。

发明内容

本发明的目的在于提供一种开放式便携电机驱动器全自动测试装置，能够自动快速有效电机驱动器的功能和性能，操作方便，装置扩展性强、结构简单且移动灵活。

一种开放式便携电机驱动器全自动测试装置，包括依次串接的人机交互单元 6、主控单元 7 和接口单元 8，接口单元 8 与电机驱动器的外部接口相接；人机交互单元 6 用于选择测试项目，并显示测试结果；主控单元 7 用于接收人机交互单元 6 的测试项目信息，在预存的测试脚本文件中找到其对应的测试指令，调用该指令产生激励信号，将激励信号通过接口单元 8 传送给电机驱动器，并接收电机驱动器返回的运行信息，对其分析处理得到测试结果后反馈给人机交互单元 6。

本发明具有以下技术效果：

a) 测试装置的测试对象针对各类电机驱动器而不是电机本身，可方便的实现对各类电机驱动器（如变频器、伺服驱动器或其它专用电机驱动器）的功能和性能测试、分析并生成测试报告呈现给用户，装置自动化程度高。

b) 测试指令的编程方式为自创建脚本编程方式。脚本编程方式是通过指令存储模块---可擦可编程只读存储（EEPROM）芯片预先存储包含各种测试项目的脚本文件，测试装置主控单元 7 处理器通过读取 EEPROM 芯片内所存放的测试脚本文件来具体完成测试任务。针对不同的测试对象用户只需要通过在指令存储模块中修改或编写测试指令就可以轻松的实现自创建测试项目，实现对不同类型电机驱动器的功能或性能测试，具有较好的扩展性、灵活性和开放性。

c) 与传统的测试装置比较，本发明不需要使用体积庞大的 PC 机+数据采集卡方式，可采用数字信号处理器 DSP 等体积小的器件实现各组件功能，整个装置结构简单，方便移动。

附图说明

图 1 是本发明整体结构框图；

图 2 是本发明实施例结构示意图；

图 3 是本发明根据不同测试对象用脚本编程方式自创建编写测试项目指令，完成测试流程的示意图。

图 4 是本发明中用户进行测试项目选择时的界面示意图。

具体实施方式

对于目前各类电机驱动器来说，一般具有以下几种接口：DI/DO(数字输入/数字输出)、AI/AO(模拟输入/模拟输出)、高频脉冲输入输出以及基于 RS485 的串口通信总线。其中，DI/DO 接口主要用来接收和输出数字 IO 量，比如控制电机正反转和输出电机当前的运行状态等；AI/AO 接口主要用来接收外部给定的模拟量以及输出各路模拟反馈量的信息；高频脉冲输入输出主要用来实现接收高频脉冲驱动电机运行以及输出脉冲量反馈当前电机运行位置；RS485 通信主要用来改变各类电机驱动器的内部参数。

针对以上这种接口特点，本发明装置含有多路数字 IO 输入输出模块、高精度的 A/D 和 D/A 模块、宽范围的高频脉冲输出和接收模块以及基于串口的 RS485 通信总线，其通信支持 MODBUS 工业控制协议。

本发明装置如图 1 所示，1 为本发明自动测试装置，2 为待测试的电机驱动器，从功能模块上分，本发明由人机交互单元 6、主控单元 7 和接口单元 8 三部分组成，人机交互单元 6 通过 SPI 总线与主控单元 7 进行连接，主控单元 7 通过接口单元 8 连接电机驱动器 9 的各种端口。

人机交互单元 6 通过 SPI 总线和主控单元 7 进行通信，将用户设置的测试项目和测试参数传送给主控单元 7，接收主控单元 7 反馈的测试结果并显示给用户。人机交互单元 6 可外接键盘 3 和 LCD 屏 4 实现人机交互，外部配有 USB 通信接口 5，实现整个测试装置和外部环境（如 PC 机）的信息交互。

主控单元 7 利用 SPI 总线接收人机交互单元 6 传送的测试项目和测试参数信息，调用测试项目对应的测试指令，向电机驱动器发出激励信号；接收电机驱动器的运行信息，例如电机码盘信号、电压电流信号，对其分析

处理得到测试结果（如结果曲线的上升时间、超调量等性能参数）并反馈给人机交互单元 6。

主控单元 7 包括电源模块、指令存储模块、结果存储模块、处理器、激励输出模块、反馈输入模块；电源模块为整个测试装置提供电源；指令存储模块用于存储测试脚本文件，脚本文件的内容包括测试项目索引表和各種测试项目对应的测试指令；处理器接收人机交互单元 6 的项目测试信息，通过脚本文件的测试项目索引表找到其对应的测试指令，调用该指令产生激励信号，将激励信号通过激励输出模块传送给电机驱动器，并通过反馈输入模块接收电机驱动器的运行信息，对运行信息作分析处理得到测试结果，将该测试结果存储在结果存储模块的同时反馈给人机交互单元 6。

激励输出模块为数字输出模块或模拟输出模块或脉冲输出模块，具体选择哪一个输出模块由测试指令确定；反馈输入模块为 AD 采样模块、反馈脉冲输入模块、反馈数字输入模块。

接口单元 8 的功能是把主控单元上面的各模块的输入输出信号线引出，方便外部所测设备的接线。

在这里，以测试对象为典型的电机驱动器--伺服电机驱动器为例具体说明。人机交互单元 6 采用恩智浦半导体公司生产的 ARM7 系列 LPC2368 为主控芯片进行设计，该芯片配有多种外设接口，可直接外接按键 3、LCD 屏 4 和 USB 通信接口 5。主控单元 7 采用德州仪器(TI)公司生产的 DSP2000 系列 2812 为主控芯片进行设计。由外部直接供 220v 市电，通过主控单元 7 的电源模块实现向整个测试装置供电。在开始对伺服驱动器 9 进行测试之前，测试人员需要根据当前所测试的实际设备---伺服驱动器 9，制定测试目的以及把各种测试接口和测试对象的接口进行连接，如：RS485 通信接口、数字输入输出端口、模拟输出端口、脉冲输入输出端口以及对电压和电流采样的模拟输入端口，其连线详见图 2。并根据实际测试对象制定好对伺服驱动器 9 的具体测试流程，里面需包含对伺服驱动器 9 测试的各种测试项目，例如测试其多段速选择、模拟输入、模拟量增益和脉冲输入等功能测试项目，以及运行稳定性、控制精度、响应速度等性能测试项目。对这些

测试项目用简单易懂的脚本语言写出测试脚本文件，写入指令存储模块，如图 3 中步骤（1）所示。当写好测试脚本文件后，利用现有的汇编语言指令编译系统如 51 单片机汇编指令编译系统可以对这些测试脚本文件进行编译链接，生成 HEX 文件，通过编程器把包含测试项目指令的脚本文件烧写到主控单元 7 中的 EEPROM 芯片中，如图 3 中步骤（2）所示。如果事先已经预存了测试脚本文件，则跳过这一步，直接调用测试。

当主控单元 7 的 EEPROM 芯片已经有脚本文件后，测试人员在把硬件接线连接好，即可通过按键 3 或 LCD 屏 4 首先把 EEPROM 中存储的脚本文件中测试项目索引表读出，并在 LCD 屏 4 上列出可以选择的测试项目（如图 4 所示），测试人员通过选择后即可启动测试，设备自动运行。在运行过程中，主控单元 7 在收到测试人员选择的测试项目后，处理器读取并执行指令存储模块 EEPROM 芯片中所选择测试项目的测试指令，向伺服驱动器 9 发出激励信号，如图 3 中步骤（3）所示。当伺服驱动器 9 接收到激励信号后，会输出 UVW 三相电机控制电驱动电机 11 运行。测试装置通过各类反馈输入模块，即数字输入模块、模拟采样模块和脉冲输入模块接收伺服驱动器内部的各种状态信息。这些信息在主控单元 7 上做进一步分析处理，同时人机交互单元 6 将对这些处理后的信息如电压电流、速度等进行实时显示，测试人员可以通过人机交互单元查看各种监视量的数值和波形，出现危险情况可以手动停止。

当测试结束后，测试人员查看测试结果，如图 3 中步骤（4）所示。人机交互单元 6 将会显示总的测试结果，即通过或不通过。测试人员可以查看具体的测试结果，包括各种参数的波形曲线、波形曲线的上升时间、超调量、稳态精度等，进一步分析其测试结果以及其动态性能和稳态性能。测试人员也可以通过把人机交互单元 6 上的 USB 接口 5 与 PC 机连接，把数据传输到 PC 机上以便对其进一步分析和保存，至此整个测试过程完毕。

其中，EEPROM 芯片中所存放的测试指令是由自创建脚本语言编写的。

自创建脚本语言仿照了单片机的编程语言（如单片机汇编语言、单片机 C 语言等），由功能指令、循环控制指令以及辅助指令组成。功能指令包

括通信指令、设置指令和动作指令。

下面仿汇编语言形式对本发明的脚本语言予以说明。

通信指令 COMM(X)用来修改测试对象的参数含义，不同测试对象的参数序号以及参数值会有所不同，例如这里是对伺服驱动器 9 内部参数表中的值按照伺服驱动器的参数表内容进行修改，主要目的让伺服驱动 9 满足本项测试所需达到的要求；

COMM{X}语句格式为：

COMM{X} <OP1,> <OP2,>

注：{ }为可选，<>为必选，有{X}表示源操作数来自循环变量值。

OP1 代表的是需要修改的内部参数号，OP2 代表的是修改成的参数值。

设置指令 SET(X)用来设置所需产生的激励信号特性，以及对电机驱动器的运行信息的分析处理方式，主要目的让主控单元 7 满足本项测试所需达到的要求。激励信号特性含义为：若激励信号为模拟量，则激励信号特性指模拟量的电压值大小；若激励信号为脉冲，则激励信号特性指脉冲输出频率和个数。分析处理方式是指依据电机驱动器反馈量进行性能和功能分析的方法，例如判断该项测试是否通过，可采用判断电机反馈速度或脉冲个数与给定值是否相等，若相等则测试通过，否则测试不通过。

SET{X}语句格式为：

SET{X} <OP1,> <OP2,>

注：{ }为可选，<>为必选，有{X}表示源操作数为循环变量值。

OP1 代表的是具体设置的参数，OP2 代表的是具体设置的值。

动作指令 ACT(X)的功能是给出具体发出激励的类型和电机动作信息，激励的类型包括有数字量、模拟量和脉冲量，电机动作信息是指电机的运转相关细节，例如正、反转。

ACT{X}语句格式为：

ACT{X} <OP1,> <OP2,>

注：{}为可选，<>为必选，有{X}表示源操作数来自循环变量值。

OP1 代表的是具体发出激励的类型，OP2 代表的是电机具体的动作信息。

循环控制指令 LOOPSET 以及 LOOPEND 用于配合功能指令控制某项测试指令的循环次数；

LOOPSET 语句格式为：

LOOPSET, <value> , <step>, <count>

注：{}为可选，<>为必选。

含义为把后面的循环指令（带有 X 的指令即表示此指令为循环指令）中的 OP2 参数进行循环改变，初值为 value，每次修改的步长为 step，一共循环 count 次。

LOOPEND 语句格式为：

LOOPEND,

表示循环的结束。

辅助指令 DELAY、END、OVER 用于控制每次测试过程中电机的运行及停止时间。

DELAY 语句格式为：

DELAY, <time>

注：{}为可选，<>为必选

指令后面的 time 数值代表的是具体该动作持续的时间，以毫秒记。

END 语句格式为：

END

表示每一个具体测试项目完成后的标志，当主程序遇到 END 后则表示

对具体测试项进行操作的指令已经读取完毕。

OVER 语句格式为：

OVER

一般位于整个测试程序的最后，用来表明整个测试指令的完毕。

另外，EEPROM 芯片在设计时是可拔插的，其目的是在更换测试项目时方便把写好的脚本文件通过汇编语言指令编译系统编译链接，生成 HEX 文件，通过常用的 EEPROM 编程（如编程器烧写）方式写入到 EEPROM 芯片中。

这种脚本文件中的测试指令表达为指令类型+指令参数值，指令类型采用常数表达，指令类型与常数存在一一映射关系。可以看出，测试指令实质是以常数的形式存放在 EEPROM 中的。具体编写方法是首先在汇编语言中利用“EQU”命令定义一类常数为测试指令，比如定义十六位进制数 0xFFF1 为功能指令中的通信指令 COMM。如当写入测试指令 COMM 8, 1，实质是写入 0xFFF1、8 和 1，当主控单元 7 中的 DSP 处理器依次从 EEPROM 中读取到 0xFFF1 时就会知道这类常数所表达的意思为 COMM 通信指令，再进一步读取完后面的通信参数 8 和 1 后 DSP 处理器即可知道该测试指令是需要测试装置实现修改电机驱动器的内部参数号 8 的值为 1。具体所述常数数值与指令的对应关系及各测试指令语法见表 1 所示。其装载步骤是首先根据测试目的通过用汇编语言按照上述编写方法进行脚本文件的编写，然后用汇编语言编译系统把写好的汇编语言文件进行编译、链接最终生成 HEX 文件，利用烧写器写入 EEPROM 芯片中，从而完成对脚本文件的装载。

对于脚本文件的结构以及具体实现，现以多段速功能测试为例详细说明：

1. 明确测试目的后，预先在 EEPROM 中写入脚本文件。

以下为多段速功能测试项目的整个脚本文件，通过汇编语言的方式编写并装载到 EEPROM 中。具体汇编语言程序如下：

```
COMM      EQU      0xFFF1    ;定义一类常数为测试指令
```

COMMX	EQU	0xFFFF2
SET	EQU	0xFFFF3
SETX	EQU	0xFFFF4
ACT	EQU	0xFFFF5
ACTX	EQU	0xFFFF6
LOOPSET	EQU	0xFFFF7
LOOPEND	EQU	0xFFFF8
DELAY	EQU	0xFFFF9
END	EQU	0xFFFFA
OVER	EQU	0xFFFFB

ORG 0000H ;设置存放测试项目索引表的首地址

INDEX:

DW TEST1 ;定义一个字的空間存放多段速功能测试

; 指令的首地址

ORG 0400H ;设置存放具体测试指令存放的首地址

TEST1: ;以下是测试项目 1 的具体测试指令

DW	COMM	8, 1	;定义控制模式为速度模式
DW	COMM	9, 1	;定义多功能端口 1 为伺服启动
DW	COMM	10, 15	;定义多功能端口 2 为正转
DW	COMM	11, 16	;定义多功能端口 3 为反转
DW	COMM	12, 17	;定义多功能端口 4 为多段速 X1
DW	COMM	13, 18	;定义多功能端口 5 为多段速 X2
DW	COMM	30, 200	;定义速度 1 为 20 转 (最小刻度为 0.1)

DW COMM 31,500 ;定义速度 2 为 50 转（最小刻度为 0.1）

DW COMM 32,1000 ;定义速度 3 为 100 转（最小刻度为 0.1）

DW SET 4,1 ;定义判断方式为速度判断

DW ACT 1, 0x0009 ;定义为正转运行，多段速选择速度 1

DW DELAY, 5000 ;运行时间为 5s（以毫秒记）

DW ACT 0,0 ;运行停止

DW DELAY, 3000 ;停止时间为 3s（以毫秒记）

DW ACT 1, 0x0009 ;定义为正转运行，多段速选择速度 1

DW DELAY, 5000 ;运行时间为 5s（以毫秒记）

DW ACT 0,0 ;运行停止

DW DELAY, 3000 ;停止时间为 3s（以毫秒记）

DW ACT 1, 0x000A ;定义为正转运行，多段速选择速度 2

DW DELAY, 5000 ;运行时间为 5s（以毫秒记）

DW ACT 0,0 ;运行停止

DW DELAY, 3000 ;停止时间为 3s（以毫秒记）

DW LOOPSET, 1000, 3, 1000;定义从下一条指令开始实现循环读取

DW COMMX 32,1000 ;定义速度 3 为 100 转（最小刻度为 0.1）

DW ACT 1, 0x000B ;定义为正转运行，多段速选择速度 3

DW DELAY, 5000 ;运行时间为 5s（以毫秒记）

DW ACT 0,0 ;运行停止

DW DELAY, 3000 ;停止时间为 3s（以毫秒记）

DW LOOPEND ;标志循环读取指令的末位

DW END ;本测试项目测试结束

DW OVER ;所有测试项目测试结束

“DW”命令的意思是定义一个字的空間用来存放后面每一个常数。例如：DW COMM 8, 1即表示COMM、8以及1这三个常数都各以一个字的空間来顺序存放到EEPROM中，而COMM 8, 1的含义是定义控制模式为速度模式。更详细的测试指令语法具体参见表1。

表1 测试指令的参数表

指令名称及实际数值	参数I代表含义	参数II代表含义	备注
COMM(X) 0xFFF1 (2)	通信设置下位机 EEPROM 的地址	所设置地址的具体的数值	X 代表这个指令是需要和循环指令配合使用的
SET(X) 0xFFF3 (4)	1 (设置的是模拟给定)	默认为 2 即 2v	X 代表这个指令是需要和循环指令配合使用的
	2 (脉冲频率给定)	默认为 1000 即 1000hz	
	3 (脉冲给定的个数)	默认为 1000 即 1000 个脉冲	
	4 (结果判断的方式)	0 无; 1 速度; 2 脉冲个数; 3 速度和脉冲个数;	
	5 (反馈判断的误差精度)	默认为 20 即 2% (此为千分比)	
	6 (反馈速度采样的间隔周期)	默认为 0 即每个数据都采	
	7 (选择传至上位机的历史数据的类别(从外部 RAM 中传上去))	0 无 即不上传 1 上传外部 ram 中存放的速度 2 上传外部 ram 存放的 Id 电流 3 上传外部 ram 存放的 Iq 电流	
	8 (传至上位机的采样间隔周期)	默认为 0 即逐个上传	
	9 (传至上位机的采样个数)	默认为 1000 即上传 1000 个数据	

ACT(X) 0xFF5 (6)	1 (IO 预设值给定)	0000 0000 0000 FWD REV X2 X1		X 代表这个指令是需要和循环指令配合使用的 参数 2 均用 16 进制表示, 其中值为 1 代表有效, 0 为无效 例 : ACT 1, 0x0009, 所代表的含义是 IO 预设值给定 其速度为选择 31 号参数 并且正转
	2 (DA 模拟量给定)	0000 0000 0000 FWD REV X2 X1		
	3 (脉冲给定)	0000 0000 0000 DIR DIFFER_OR_OC A1 A0		
LOOPSET 0xFF7	参数 1 代表含义	参数 2 代表含义	参数 3 代表含义	主要是对 COMMX、SETX、ACTX 三种指令的第二个参数
	循环初始值	循环次数	数值增减步长	
LOOPEND 0xFF8				表示某次循环结束标志
DELAY 0xFF9	动作持续时间			数值以毫秒为单位
END 0xFFA				表示当前测试项目指令结束
OVER 0xFFB				表示所有测试项目指令结束

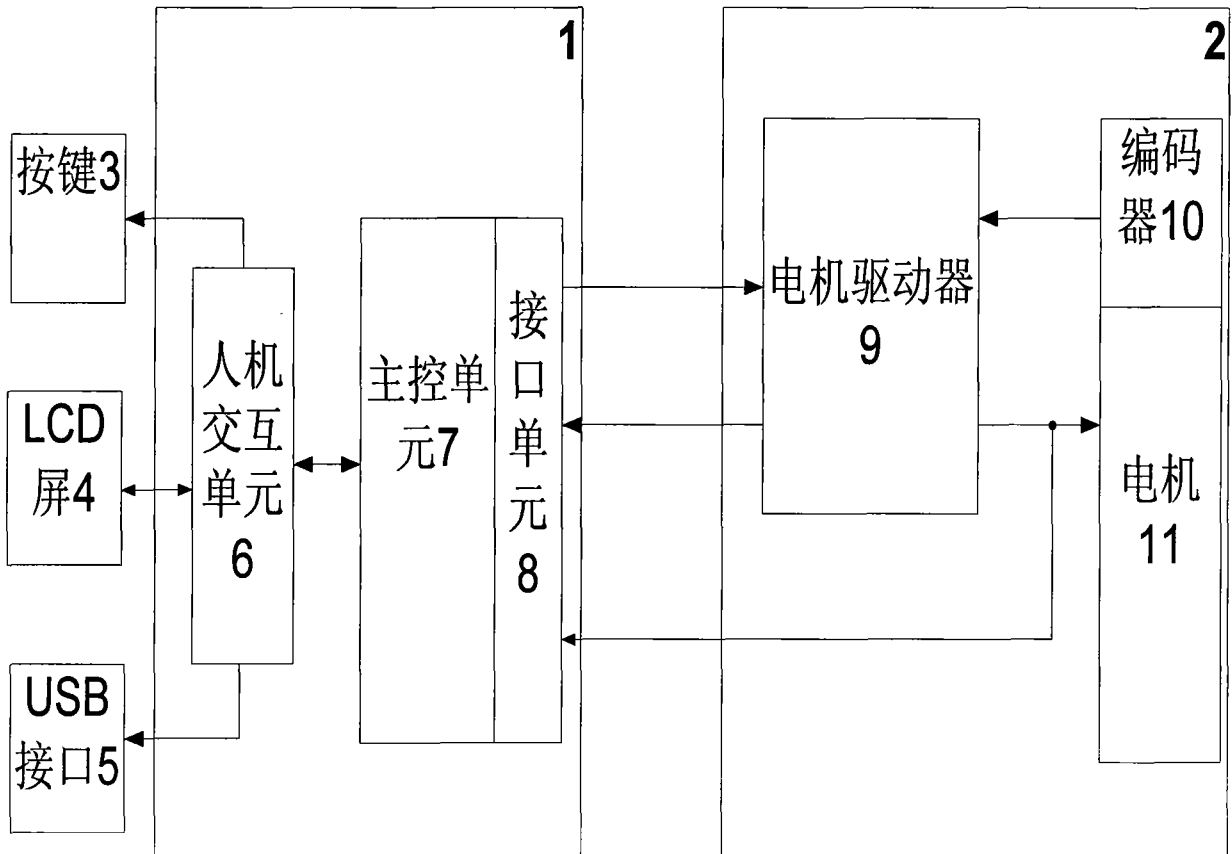


图 1

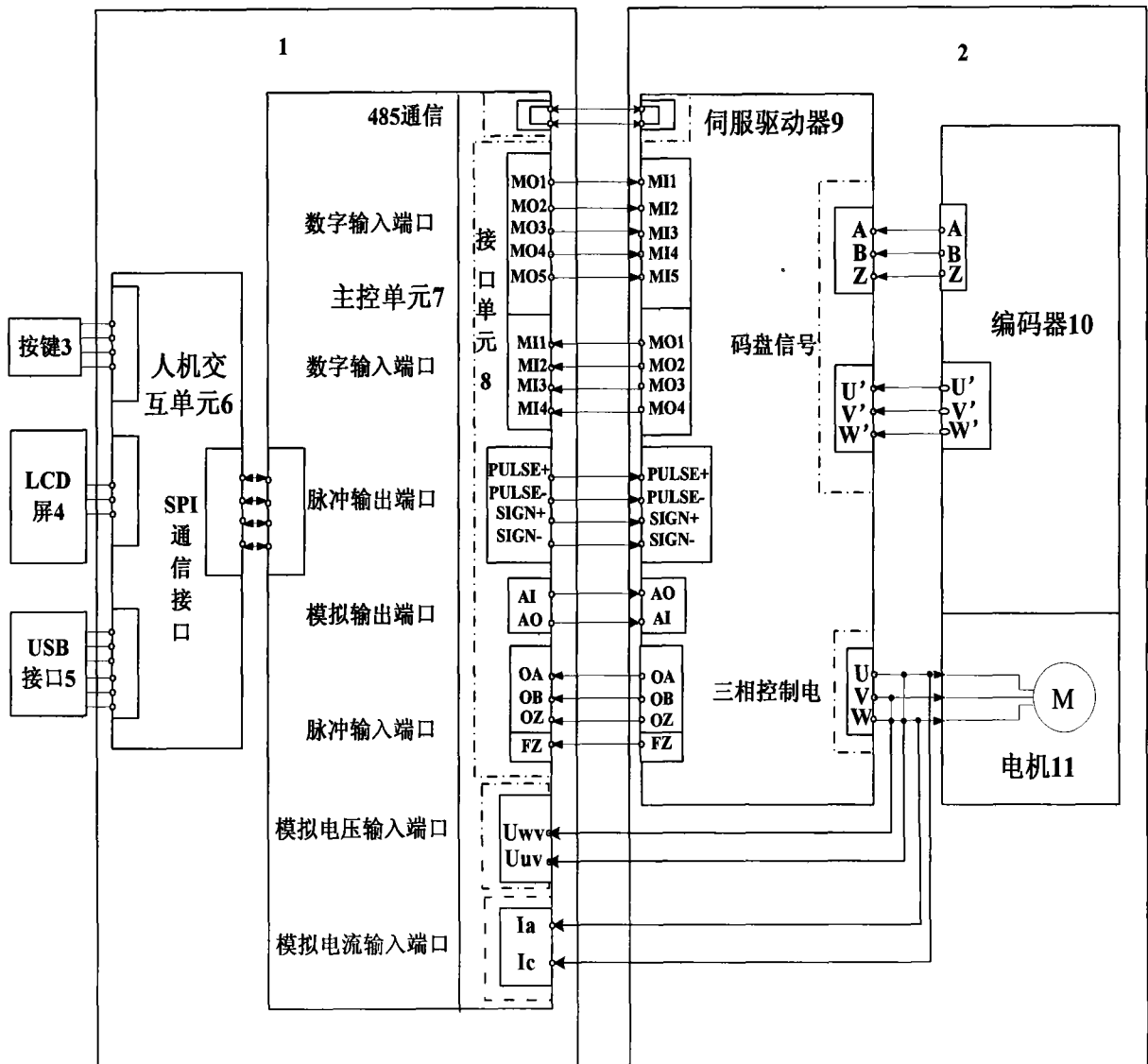


图 2

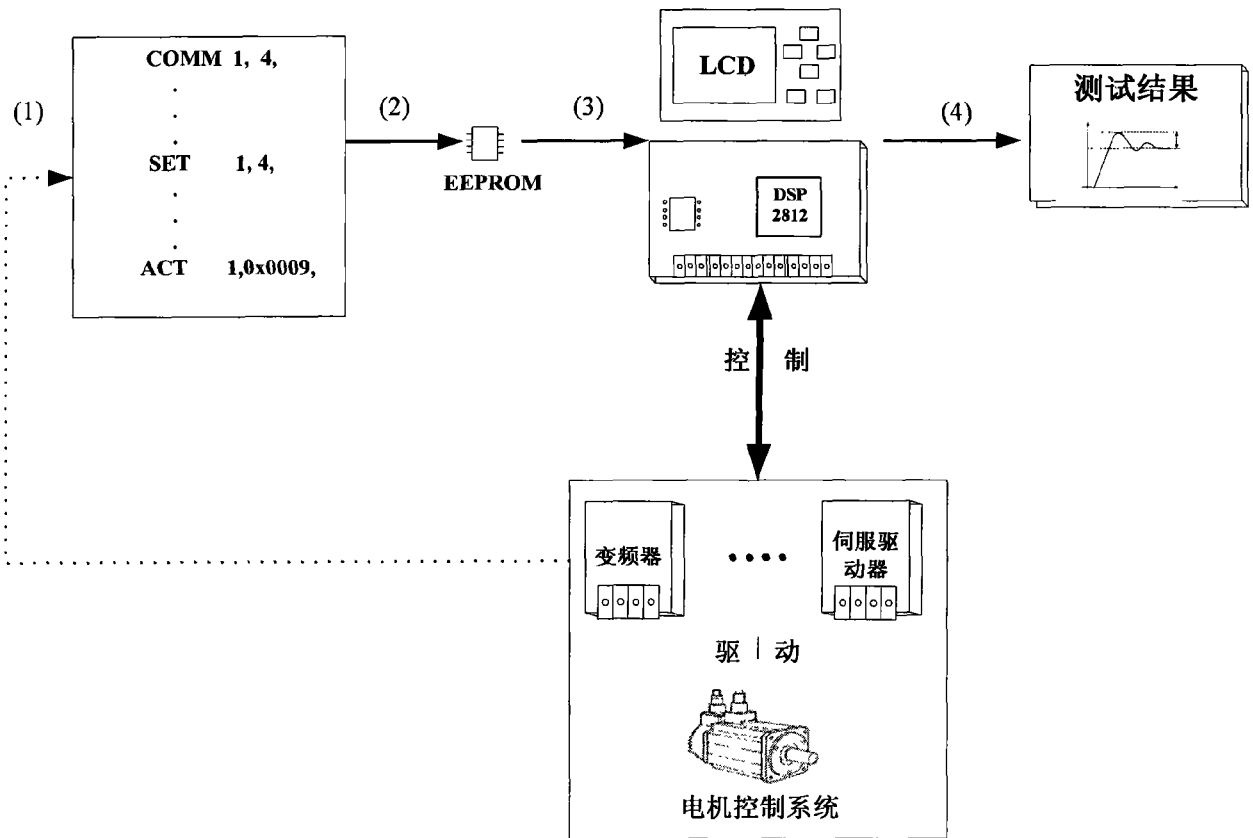


图 3

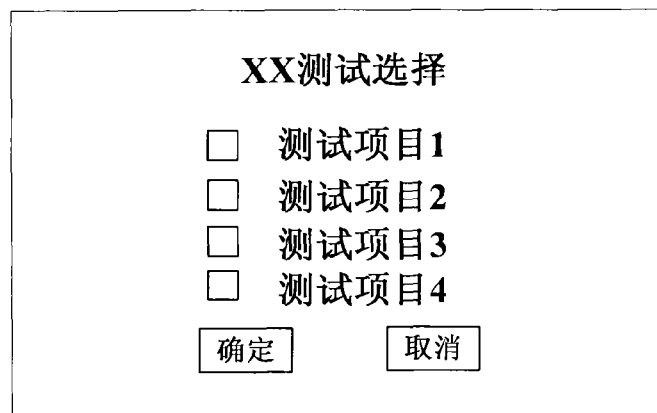


图 4