



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 106559022 B

(45)授权公告日 2018.12.25

(21)申请号 201510616560.4

(22)申请日 2015.09.24

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 106559022 A

(43)申请公布日 2017.04.05

(73)专利权人 上海电气集团股份有限公司

地址 200336 上海市长宁区兴义路8号30层

(72)发明人 徐志明 王庆东 贾廷纲 陶益民

(74)专利代理机构 上海兆丰知识产权代理事务  
所(有限合伙) 31241

代理人 屠轶凡

(51)Int.Cl.

H02P 23/00(2016.01)

(56)对比文件

CN 104749997 A,2015.07.01,

CN 202041577 U,2011.11.16,

CN 204131435 U,2015.01.28,

CN 204859011 U,2015.12.09,

US 8779705 B2,2014.07.15,

审查员 毛翼丰

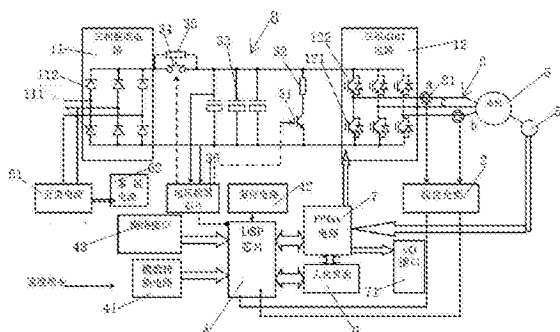
权利要求书1页 说明书5页 附图2页

(54)发明名称

一种交流伺服电机位置控制系统

(57)摘要

本发明公开了一种交流伺服电机位置控制系统,包括背靠背设置的三相整流电路和三相IGBT电路,DSP芯片、FPGA电路、人机界面和线性电耦,所述三相整流电路通过三相电源线连接电源,所述三相IGBT电路通过三相电源线连接电机;所述FPGA电路连接所述DSP芯片,所述FPGA电路与所述电机之间连接有速度传感器,所述FPGA电路连接所述三相IGBT电路;所述三相IGBT电路和所述电机之间的三相电源线上,设有分别位于a相电源线和b相电源线上的采样电阻,所述采样电阻连接线性光耦,所述线性光耦连接所述DSP芯片;所述DSP芯片还连接用于接收速度指令的模数转换电路。其技术效果是:其器件少,体积小,响应快速而准确,能满足对于交流伺服驱动系统进行控制的需要。



1. 一种交流伺服电机位置控制系统,包括背靠背设置的三相整流电路和三相IGBT电路,所述三相整流电路通过三相电源线连接电源,所述三相IGBT电路通过三相电源线连接电机;其特征在于:

其还包括DSP芯片、FPGA电路、人机界面和线性光耦,所述FPGA电路连接所述DSP芯片,所述FPGA电路与所述电机之间连接有速度传感器,所述FPGA电路连接所述三相IGBT电路;

所述三相IGBT电路和所述电机之间的三相电源线上,设有分别位于a相电源线和b相电源线上的采样电阻,所述采样电阻连接所述线性光耦,所述线性光耦连接所述DSP芯片;

所述DSP芯片还连接用于接收速度指令的模数转换电路,

所述交流伺服电机位置控制系统还包括位于所述三相整流电路和所述三相IGBT电路之间的电压反馈电路,所述电压反馈电路包括三个与所述三相IGBT电路并联的极性电容,以及相互串联的第一反馈电阻和三极管,所述三极管的源极连接所述三相IGBT电路的正极,所述三极管的漏极连接所述第一反馈电阻的第一端部,所述第一反馈电阻的第二端部连接所述三相IGBT电路的负极,所述电压反馈电路还包括连接在所述三相整流电路的负极和所述三相IGBT电路负极之间的第二反馈电阻,以及电压检测芯片,所述第二反馈电阻上并联有触发开关,所述电压检测芯片的输入接口连接三个所述极性电容的两端,所述电压检测芯片的双向通信接口连接所述DSP芯片,所述电压检测芯片的输出接口连接所述三极管的栅极和所述触发开关。

2. 根据权利要求1所述的一种交流伺服电机位置控制系统,其特征在于:所述速度传感器包括光电型编码器、四倍频电路、鉴相电路、16位加减计数电路和16位数据锁存器,所述光电型编码器连接所述四倍频电路和所述鉴相电路,所述四倍频电路连接所述16位加减计数电路的脉冲接收端,所述鉴相电路连接所述16位加减计数电路的加减控制端,所述16位加减计数电路的输出端连接所述FPGA电路。

3. 根据权利要求1所述的一种交流伺服电机位置控制系统,其特征在于:所述人机界面包括:显示器、键盘和二片串转并芯片,所述显示器和所述键盘均连接所述二片串转并芯片的并行接口,所述二片串转并芯片的串行接口连接所述DSP芯片和所述FPGA电路。

4. 根据权利要求1所述的一种交流伺服电机位置控制系统,其特征在于:所述电源包括与所述三相整流电路连接的开关电源以及与所述开关电源连接的多相电源。

5. 根据权利要求1所述的一种交流伺服电机位置控制系统,其特征在于:所述DSP芯片上还连接有复位电路。

6. 根据权利要求1所述的一种交流伺服电机位置控制系统,其特征在于:所述DSP芯片还连接有网络接口,且该网络接口为EtherCAT以太网接口。

7. 根据权利要求1所述的一种交流伺服电机位置控制系统,其特征在于:所述FPGA电路上连接有I/O接口。

8. 根据权利要求1所述的一种交流伺服电机位置控制系统,其特征在于:所述DSP芯片为德州仪器的DSP TMS320LF2407A芯片。

## 一种交流伺服电机位置控制系统

### 技术领域

[0001] 本发明涉及自动控制领域的一种交流伺服电机位置控制系统。

### 背景技术

[0002] 随着微电子技术的快速发展,各种集成电路芯片不断涌现,芯片的性能不断提高,使得交流伺服电机位置控制系统的实现方式也发生了根本改变。从早期的模拟控制发展到后来的数模混合控制和数字控制,特别是进入八十年代后,因为微电子技术的快速发展,电路的集成度越来越高,对交流伺服电机位置控制系统产生了很重要的影响交流伺服电机位置控制系统的控制方式迅速向微机控制方向发展。

### 发明内容

[0003] 本发明的目的是为了克服现有技术的不足,提供一种交流伺服电机位置控制系统,其器件少,体积小,响应快速而准确,能满足对于交流伺服电机的驱动进行控制的需要。

[0004] 实现上述目的的一种技术方案是:一种交流伺服电机位置控制系统,包括背靠背设置的三相整流电路和三相IGBT电路,DSP芯片、FPGA电路、人机界面和线性光耦,所述三相整流电路通过三相电源线连接电源,所述三相IGBT电路通过三相电源线连接电机;

[0005] 所述FPGA电路连接所述DSP芯片,所述FPGA电路与所述电机之间连接有速度传感器,所述FPGA电路连接所述三相IGBT电路;

[0006] 所述三相IGBT电路和所述电机之间的三相电源线上,设有分别位于 a相电源线和 b相电源线上的采样电阻,所述采样电阻连接所述线性光耦,所述线性光耦连接所述DSP芯片;

[0007] 所述DSP芯片还连接用于接收速度指令的模数转换电路。

[0008] 进一步的,所述交流伺服电机位置控制系统还包括位于所述三相整流电路和所述三相IGBT电路之间的电压反馈电路,所述电压反馈电路包括三个与所述三相IGBT电路并联的极性电容,以及相互串联的第一反馈电阻和三极管,所述三极管的源极连接所述三相IGBT电路的正极,所述三极管的漏极连接所述第一反馈电阻的第一端部,所述第一反馈电阻的第二端部连接所述三相IGBT电路的负极,所述电压反馈电路还包括连接在所述三相整流电路的负极和所述三相IGBT电路负极之间的第二反馈电阻,以及电压检测芯片,所述第二反馈电阻上并联有触发开关,所述电压检测芯片的输入接口连接三个所述极性电容的两端,所述电压检测芯片的双向通信接口连接所述DSP芯片,所述电压检测芯片的输出接口连接所述三极管的栅极和所述触发开关。

[0009] 进一步的,所述速度传感器包括光电型编码器、四倍频电路、鉴相电路、16位加减计数电路和16位数据锁存器,所述光电型编码器连接所述四倍频电路和所述鉴相电路,所述四倍频电路连接所述16位加减计数电路的脉冲接收端,所述鉴相电路连接所述16位加减计数电路的加减控制端,所述16位加减计数电路的输出端连接所述FPGA电路。

[0010] 进一步的,所述人机界面包括:显示器、键盘和二片串转并芯片,所述显示器和键

盘均连接所述二片串转并芯片的并行接口,所述二片串转并芯片的串行接口连接所述DSP芯片和所述FPGA电路。

[0011] 进一步的,所述电源包括与所述三相整流电路连接的开关电源以及与所述开关电源连接的多相电源。

[0012] 进一步的,所述DSP芯片上还连接有复位电路。

[0013] 进一步的,所述DSP芯片还连接有网络接口,且该网络接口为 EtherCAT以太网接口。

[0014] 进一步的,所述FPGA电路上连接有输入输出接口。

[0015] 进一步的,所述DSP芯片为德州仪器的DSP TMS320LF2407A芯片。

[0016] 进一步的,开关电源选用的芯片是韩国三星电子公司KA1M0680芯片。

[0017] 采用了本发明的一种交流伺服电机位置控制系统的技术方案,包括背靠背设置的三相整流电路和三相IGBT电路,DSP芯片、FPGA电路、人机界面和线性光耦,所述三相整流电路通过三相电源线连接电源,所述三相IGBT电路通过三相电源线连接电机;所述FPGA电路连接所述DSP芯片,所述FPGA电路与所述电机之间连接有速度传感器,所述FPGA电路连接所述三相IGBT电路;所述三相IGBT电路和所述电机之间的三相电源线上,设有分别位于a相电源线和b相电源线上的采样电阻,所述采样电阻连接线性光耦,所述线性光耦连接所述DSP芯片;所述DSP芯片还连接用于接收速度指令的模数转换电路。其技术效果是:其器件少,体积小,响应快速而准确,能满足对于交流伺服电机的驱动进行控制的需要。

## 附图说明

[0018] 图1为本发明的一种交流伺服电机位置控制系统的结构示意图。

[0019] 图2为本发明的一种交流伺服电机位置控制系统中速度传感器的结构示意图。

[0020] 图3为本发明的一种交流伺服电机位置控制系统中人机界面的结构示意图。

[0021] 三相整流电路11、三相IGBT电路12、第一二极管111、第二二极管112、第一IGBT开关121、第二IGBT开关122、线性光耦2、电压反馈电路3、三极管31、第一反馈电阻32、极性电容33、第二反馈电阻34、触发开关35、电压检测芯片36、DSP芯片4、模数转换电路41、复位电路42、网络接口43、电机5、速度传感器51、光电型编码器511、四倍频电路512、鉴相电路513、16位加减计数电路514、16位数据锁存器 515、开关电源61、多相电源62、FPGA电路7、I/O接口71、电流环反馈采样电路8、采样电阻81、人机界面9、显示器92、键盘91、二片串转并芯片93。

## 具体实施方式

[0022] 请参阅图1至图3,本发明的发明人为了能更好地对本发明的技术方案进行理解,下面通过具体地实施例,并结合附图进行详细地说明:

[0023] 本发明的一种交流伺服电机位置控制系统包括三相整流电路11和三相IGBT电路12,其中三相整流电路11中的每相分路都是由第一二极管 111和第二二极管112串联而成的,三相IGBT电路12中的每相分路都是由第一IGBT开关121和第二IGBT开关122串联而成的。三相整流电路11和三相IGBT电路12背靠背连接。三相IGBT电路12为本身带有驱动的三相IGBT电路,其有过压、欠压、过流、过热等自动保护功能,三相IGBT电路12的驱动接口只需

线性光耦2隔离驱动,大大简化外围电路,提高系统可靠性。

[0024] 本实施例中三相IGBT电路12选用日本富士公司的具有自动保护功能、本身带有驱动的智能三相IGBT电路,其有过压、欠压、过流、过热等自动保护功能,驱动接口只需线性光耦2隔离驱动,大大简化外围电路,提高系统可靠性。通过大量的试验,如连续运行、过载运行、高温老化等,保证了其能够安全可靠地应用。

[0025] 三相整流电路11和三相IGBT电路12之间设有电压反馈电路3,该电压反馈电路3包括相互串联的三极管31和第一反馈电阻32,三极管31的源极连接三相整流电路11中各相分路中第一二极管111的正极,即三相整流电路11的正极,以及三相IGBT电路12中各相分路中第一IGBT开关121的正极,即三相IGBT电路的正极12,三极管31的漏极连接第一反馈电阻32的第一端部,第一反馈电阻32的第二端部连接三相整流电路11的负极,以及三相IGBT电路12的负极。电压反馈电路3还包括与三相整流电路11以及三相IGBT电路12并联的三个极性电容33,三个极性电容33的正极均连接三相整流电路11正极和三相IGBT电路12的正极,三个极性电容33的负极均连接三相整流电路11正极和三相IGBT电路12的负极。电压反馈电路3还包括连接在三相整流电路11的负极和三相IGBT电路12的负极之间的第二反馈电阻34,第二反馈电阻34上并联有一个触发开关35。

[0026] 电压反馈电路3还包括电压检测芯片36,电压检测芯片36的输入接口同时连接三个极性电容33的两端,用于检测三相IGBT电路12两端的电压,电压检测芯片36双向通信接口连接DSP芯片4,用于向DSP芯片4输出测量结果以及接收DSP芯片4所反馈的电压控制指令。电压检测芯片4的输出接口连接触发开关35和三极管31的栅极,用于完成DSP芯片4所反馈的电压控制指令。

[0027] 三相IGBT电路12通过的三相电源线连接电机5,三相整流电路11通过三相电源线连接开关电源61。开关电源61连接多相电源62。

[0028] 本发明的一种交流伺服电机位置控制系统,通过DSP芯片4、FPGA电路(现场可编程门阵列电路)7,和三相IGBT电路12的组合,组成一个嵌入式的交流伺服电机位置控制系统,以实现交流伺服电机的高性能驱动运行功能和单轴数控功能。

[0029] 本发明的一种交流伺服电机位置控制系统中,DSP芯片4的内部采用程序和数据分开的哈佛结构,具有专门的硬件乘法器,广泛采用流水线操作,提供DSP指令,可以用来快速地实现各种数字信号处理算法。电机5对调速系统的性能要求是很高的,要达到这样的指标要求,需要两个条件:先进控制理论的指导以及高性能的DSP芯片4,这里选用了德州仪器的DSP TMS320LF2407A芯片。该DSP芯片4处理数据速度快、精度高、硬件开发和软件开发环境已相当都已相当成熟。

[0030] 本发明的一种交流伺服电机位置控制系统中采用FPGA电路7作为DSP芯片4的主要外部辅助器件,FPGA电路7连接DSP芯片4,完成位置指令、速度位置反馈、可编程输入输出等信息读取和处理工作。本实施例中,由于需要处理的功能较多,而且考虑到加密可靠性的需要,因而FPGA电路7选用了ACTEL公司的42MX09芯片。通过此FPGA电路7主要完成电机5的速度检测,即将脉冲信号,经鉴相转化为16位的数据,由DSP芯片4定时中断读取,另外输入、输出接口的数据缓冲及寄存、片选电路、译码电路的功能都可由此FPGA电路7完成。采用FPGA电路7,不仅可以大大减少元器件数量,使产品成本降低,而且还能大大加快产品开发速度,减少样机的制作成本及周期。

[0031] 为了实现对电机5速度的实时有效的控制,需要对电机5的转速进行测量。本实施例中,采用速度传感器51来测量电机的转速,且该速度传感器51为以光电型编码器511作为测速元件的速度传感器51,速度传感器51,即光电型编码器511的输入端连接电机5,速度传感器51的输出端连接FPGA电路7。采用以光电型编码器511作为测速元件的速度传感器51,是因为其输出的是数字脉冲信号,可以方便地与FPGA电路7连接,FPGA电路7利用其灵活、软件化的设计特点,将复杂的逻辑结构固化于其中,并与软件相结合,完成了对速度的高精度的检测。

[0032] 本实施例中,速度传感器51,采用复杂可编程逻辑器件(Complex Programmable Logic Device,CPLD),该复杂可编程逻辑器件包括与光电型编码器511输出端连接,并且是并联设置的四倍频电路512和鉴相电路513,四倍频电路512连接16位加减计数电路514的脉冲接收端,鉴相电路513连接16位加减计数电路514的加减控制端,16位加减计数电路514的输出端连接16位数据锁存器515,同时16位数据锁存器515的CS端用于接收片选信号。16位数据锁存器515的输出端,即速度传感器51的输出端连接FPGA电路7。

[0033] 对应转速的倍频信号送到16位加减计数电路514的脉冲接收端,对应转向的方向信号送到16位加减计数电路514的加减控制端,16位加减计数电路514对两路脉冲分别进行倍频、鉴相和加减计数,速度传感器51只需在每次定时中断控制程序中通过总线读取位置值,再通过简单的除法运算和当量转换,即可得到与电机5转动轴对应的转速,这样就大大减少了速度传感器51的工作量,降低了在器件选择过程中性能指标的要求。16位加减计数电路514的值就与光电型编码器511的位置增量成正比,通过单位时间内对16位加减计数电路514的取值,并进行简单运算就可知道电机5的转速,实现对转速的实时控制。

[0034] 电流环反馈采样电路8,包括位于连接电机5和三相IGBT电路12之间a相电源线和b相电源线上的采样电阻81。利用采样电阻81采样,通过线性光耦2连接DSP芯片4中的AD转换器,电流采样的零位由DSP芯片4自动调整设置,电流采样的反馈系数亦可通过DSP芯片4灵活设置,这样就省却了模拟电路中的电位器及其它分立器件,充分利用数字化的优点,提高了一致性和可靠性。

[0035] 通过采样电阻81采集到的电阻值的模拟信号,通过线性光耦2送给DSP芯片4中的AD转换器,电阻值的模拟信号转换为数字量后经串行口送给DSP芯片4。采用采样电阻81采样代替HALL元件,电机5的实际电流更接近理想的电流波形,主要表现在跟踪响应更快,电流反馈回路迟滞时间更短,其静、动态性能应更好。为了保证在不降低性能的前提下降低产品成本,只采集了a相电源线上的电流 $i_a$ 和b相电源线的电流 $i_b$ ,再通过内置于DSP芯片4的软件计算c相电源线上的流 $i_c$ ,这样不仅能降低成本、减少硬件,还可以减少一个AD通道以及从该AD通道读取数据的软件开销时间。

[0036] 人机界面9连接DSP芯片4的串行接口以及FPGA电路7。人机界面9选取二片串转并芯片93的结构,直接用软件完成对键盘91及显示器92的定时扫描,通过矩阵扫描读取键盘91键值及显示器92显示数据,省却了专用的键盘及显示器件,使硬件结构简洁、可靠。人机界面9中的显示器92是四位LED显示器,键盘91为有五个按键的键盘91,键盘91和显示器92均连接二片串转并芯片93的并行接口,二片串转并芯片93的串行接口连接DSP芯片4和FPGA电路7。

[0037] 由于三相IGBT电路12带有速度环功能,需要接受外部给定的模拟速度指令信号。

指令信号一般有三种形式：通过外部接口电路输入、通过外刘电路式都可以通过与DSP芯片4连接的模数转换电路41来进行速度指令的输入和参数选择。

[0038] 在实际应用中除了位置控制和速度控制,在某些场合还需要有转矩控制,特别是在转矩较大的应用场合,因此本实施例中除了原有的外部输入速度模拟量通道,还增加了外部输入转矩模拟量通道,即I/O接口71。该通道亦采用差动工作方式。考虑到成本等因素,I/O接口71选用了8位的模数转换电路来对转矩模拟信号进行转换,I/O接口71的片选信号由FPGA电路7译码生成,数据结果直接通过数据总线读入DSP芯片4中,并通过电流环的计算来控制电机5的电流,以实现电机5输出转矩的控制。

[0039] 本实施例中,还有一些简单的锁存、译码功能均由FPGA电路7来完成,包括4个作为通用的输出控制和锁存,并最后通过线性光耦2输出。另外还有大量锁存器、计数器和比较器的片选信号需要由FPGA电路7来译码。

[0040] 本实施例,中需要多路电源,电源的可靠性在整个系统正常工作中非常关键,DSP芯片4需要+5V、-5V电源,三相IGBT电路12需要+15V 电源,因此设计了连接三相整流电路11的开关电源61和连接开关电源 61的多相电源62,开关电源61选用的芯片是韩国三星电子公司 KA1M0680芯片,额定电流6A,额定电压800V,开关频率70KHZ,开关电源61外围电路简单,可靠性好。

[0041] 此外,DSP芯片4上还连接有复位电路42,对DSP芯片4进行复位。

[0042] 同时,DSP芯片4还连接网络接口43,该网络接口43为EtherCAT 以太网接口,该网络接口布线简单、成本低、通讯性能最佳、并对其他协议开放的特点,可在30 $\mu$ s内可以更新1000个I/O数据,整个协议的处理过程都在硬件中得以实现。100个伺服轴可在每100 $\mu$ s内,使报文经过其节点时读取相应的8位编址数据,输入数据也在报文经过时同时完成全部轴的命令、控制数据、实际位置和状态的更新,其通讯速率可达到 100Mbps,完全满足数控系统125 $\mu$ s的插补周期的需要。各轴同步时间差异远小于1 $\mu$ s。由于通讯采用了逻辑环结构,主站时钟可以简单、精确地确定各个从站时钟传播的延迟偏移,反之亦然。分布时钟均基于该值进行调整,这意味着可以在网络范围内使用非常精确的、小于1 $\mu$ s的、确定性的同步误差时间基。

[0043] 本技术领域中的普通技术人员应当认识到,以上的实施例仅是用来说明本发明,而并非用作为对本发明的限定,只要在本发明的实质精神范围内,对以上所述实施例的变化、变型都将落在本发明的权利要求书范围内。

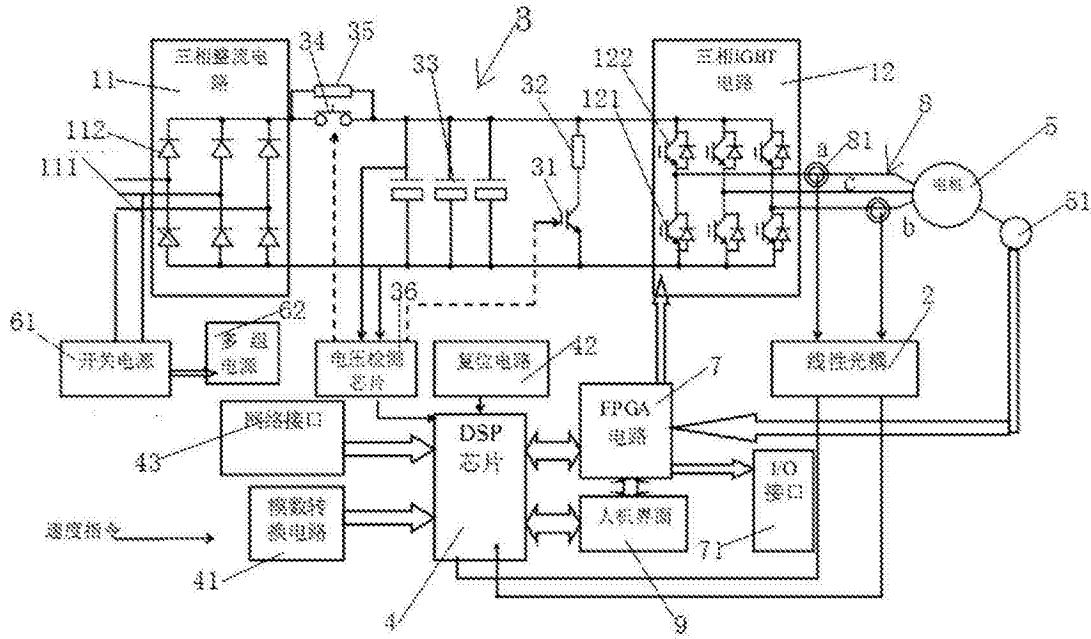


图1

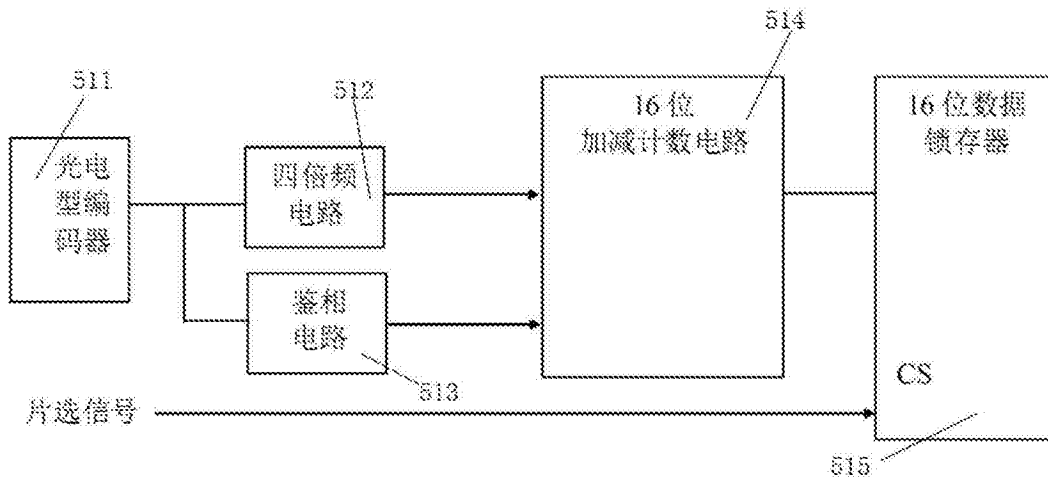


图2



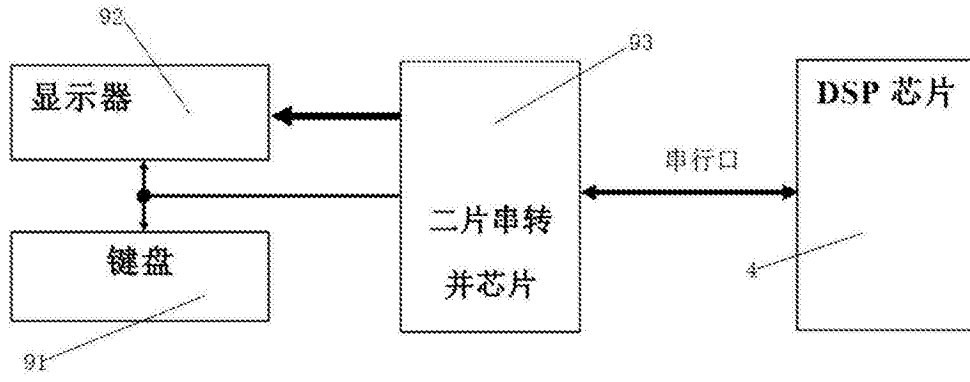


图3