(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)实用新型专利

(10)授权公告号 CN 201886332 U
(45)授权公告日 2011.06.29

(21)申请号 201020648451.3

(22)申请日 2010.12.09

(73)专利权人 东南大学
地址 210096 江苏省南京市玄武区四牌楼 2 号

(72)发明人 赵剑锋 季振东 倪喜军 于鹏

(74)专利代理机构 南京天翼专利代理有限责任公司 32112
代理人 黄明哲

(51)Int.Cl.
G05B 19/05(2006.01)

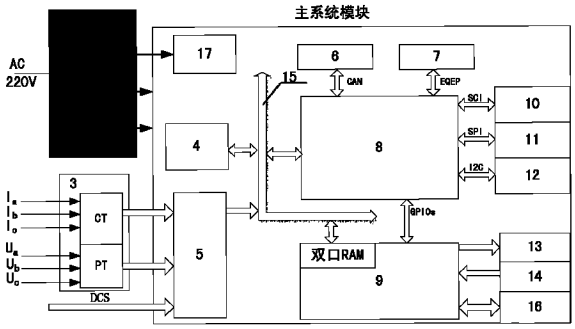
权利要求书 1 页 说明书 2 页 附图 6 页

(54)实用新型名称

一种基于 MCU 和 FPGA 的电力电子控制系统

(57)摘要

一种基于 MCU 和 FPGA 的电力电子控制系统，包括主系统模块、开关电源模块和信号调理模块，主系统模块中 MCU 芯片和 FPGA 芯片连接组成 MCU+FPGA 的处理器结构，MCU 芯片外围连接 Flash 芯片、ADC 电路、CAN 口、编码器接口、RS232 和 RS485、SD/MMC 卡、铁电存储器、数字输出、数字输入和光纤接口，主系统模块还设有电源模块，电源模块连接开关电源模块，ADC 电路连接信号调理模块。本实用新型控制系统具有高速的计算能力、较好的扩展性和可靠性，并广泛适用于大功率电力电子领域。



CN 201886332 U

1. 一种基于 MCU 和 FPGA 的电力电子控制系统，其特征是包括主系统模块、开关电源模块 (18) 和信号调理模块 (3)，主系统模块中 MCU 芯片 (8) 和 FPGA 芯片 (9) 连接组成 MCU+FPGA 的处理器结构，MCU 芯片 (8) 外围连接 Flash 芯片 (4)、ADC 电路 (5)、CAN 口 (6)、编码器接口 (7)、RS232 和 RS485(10)、SD/MMC 卡 (11)、铁电存储器 (12)、数字输出 (13)、数字输入 (14) 和光纤接口 (16)，主系统模块还设有电源模块 (17)，电源模块 (17) 连接开关电源模块 (18)，ADC 电路 (5) 连接信号调理模块 (3)。

2. 根据权利要求 1 所述的一种基于 MCU 和 FPGA 的电力电子控制系统，其特征是 Flash 芯片 (4) 和 ADC 电路 (5) 通过数据地址总线 (15) 与 FPGA 芯片 (9) 和 MCU 芯片 (8) 连接，SD/MMC 卡 (11) 与 MCU 芯片 (8) 的 SPI 通讯口相连接，铁电存储器 (12) 与 MCU 芯片 (8) 的 I2C 接口相连。

一种基于 MCU 和 FPGA 的电力电子控制系统

技术领域

[0001] 本实用新型涉及大功率电力电子控制领域，尤其涉及一种可以在大功率电力电子领域广泛应用的控制系统，为一种基于 MCU 和 FPGA 的电力电子控制系统。

背景技术

[0002] 大功率电力电子技术是是实现高效节能的关键所在，也是智能电网发展的技术基础。随着电力电子技术的发展，客观上对电力电子装置控制系统的实时性和鲁棒性的要求越来越高，也就对控制系统的设计和开发提出了很高的要求。目前大功率电力电子控制系统的开发和设计都是针对具体应用，这样设计出的控制系统不具有通用性。同时由于设计工作需要耗费大量的人力和财力，这样也造成了资源的浪费。数字化技术的发展，数字处理器的广泛应用为发展大功率电力电子控制系统提供很好的平台。

发明内容

[0003] 本实用新型要解决的问题是：需要具有通用性的电力电子控制系统，可以对大功率电力电子领域的装置实现可靠地通用化控制，更好地为智能电网提供技术保障。

[0004] 本实用新型的技术方案为：一种基于 MCU 和 FPGA 的电力电子控制系统，包括主系统模块、开关电源模块和信号调理模块，主系统模块中 MCU 芯片和 FPGA 芯片连接组成 MCU+FPGA 的处理器结构，MCU 芯片外围连接 Flash 芯片、ADC 电路、CAN 口、编码器接口、RS232 和 RS485、SD/MMC 卡、铁电存储器、数字输出、数字输入和光纤接口，主系统模块还设有电源模块，电源模块连接开关电源模块，ADC 电路连接信号调理模块。

[0005] Flash 芯片和 ADC 电路通过数据地址总线与 FPGA 芯片和 MCU 芯片连接，SD/MMC 卡与 MCU 芯片的 SPI 通讯口相连接，铁电存储器与 MCU 芯片的 I2C 接口相连。

[0006] 本实用新型采用 MCU+FPGA 的处理器架构，MCU 芯片主要完成数据采集、检测算法、控制算法等功能，FPGA 芯片负责 PWM 数据生成和输出、开关量输入输出的管理与扩展等工作。MCU 与 FPGA 之间的数据交互式通过 FPGA 内建的双口 RAM 实现的。信号调理电路、数字输出、数字输入、光纤接口可以根据实际使用需求通过接插件进行扩展。

[0007] 本实用新型的有益效果为：MCU+FPGA 的处理器架构可很好的满足大功率电力电子控制系统的实时性、可靠性的要求，所设外围电路使本实用新型通用于大功率电力电子领域，节约了专门设计控制系统的开发成本，加快了开发周期。丰富可扩充的模拟量输入、数字输入输出口和光纤接口能满足大功率电力电子领域装置的各种要求。

附图说明

[0008] 图 1 是本实用新型电力电子控制系统的原理框图。

[0009] 图 2 是本实用新型的硬件结构图。

[0010] 图 3(a) 是本实用新型主系统模块中电源模块的原理图。

[0011] 图 3(b) 是本实用新型主系统模块中 MCU 部分的原理图。

[0012] 图 3(c) 是本实用新型主系统模块中外扩 Flash 芯片、铁电存储器和 SD/MMC 的原理图。

[0013] 图 3(d) 是本实用新型主系统模块中 485 的接口原理图。

[0014] 图 3(e) 是本实用新型主系统模块中编码器接口原理图。

[0015] 图 4 是本实用新型 MCU 和 ADC 芯片之间的接口电路图。

[0016] 图 5 是本实用新型数字量输出部分的原理图。

[0017] 图 6 是本实用新型数字量输入部分的原理图。

[0018] 图 7 是本实用新型光纤接口电路的原理图。

具体实施方式

[0019] 本实用新型整个装置采用 MCU+FPGA 的双处理器结构。MCU 采用 TI 公司 C2000 系列最新的高速浮点处理器 TMS320C28346，FPGA 采用 ALTERA 公司 cyclone 系列的 EP3C40。在数据采集上，3 片 6 输入 16 位的高速 ADC 芯片 AD7656 完全能够满足大功率电力电子装置控制的精度与实时性的要求。充足的模拟量通道数除了可以采集输入输出的模拟量，亦可进行远程 DCS 的控制。

[0020] 图 1 是本实用新型控制系统的原理框图，MCU 芯片主要完成 AD 控制、测速、控制算法、与远程计算机或 PLC 通讯等功能，FPGA 芯片负责 PWM 数据生成和输出、光纤收发管理、开关量输入输出的处理、MCU 与 FPGA 之间数据缓冲等工作。

[0021] 图 2 是本实用新型实施的硬件结构图，其中包括 :包括主系统模块、开关电源模块 18 和信号调理模块 3，主系统模块中 MCU 芯片 8 和 FPGA 芯片 9 连接组成 MCU+FPGA 的处理器结构，MCU 芯片 8 外围连接 Flash 4、ADC 电路 5、CAN 口 6、编码器接口 7、RS232 和 RS48510、SD/MMC 卡 11、铁电存储器 12、数字输出 13、数字输入 14 和光纤接口 16，主系统模块还设有电源模块 17，电源模块 17 连接开关电源模块 18，ADC 电路 5 连接信号调理模块 3。Flash 4 和 ADC 电路 5 通过数据地址总线 15 与 FPGA 芯片 9 和 MCU 芯片 8 连接，SD/MMC 卡 11 与 MCU 芯片 8 的 SPI 通讯口相连接，铁电存储器 12 与 MCU 芯片 8 的 I2C 接口相连。本实用新型 MCU 芯片 8 优选 TMS320C28346 芯片，FPGA 芯片 9 为 EP3C40 芯片。信号调理电路 3、数字输出 13、数字输入 14、光纤接口 16 可以根据实际使用需求通过接插件进行扩展。

[0022] 如图 3(a)、图 3(b)、图 3(c)、图 3(d)、图 3(e) 所示，MCU 芯片 TMS320C28346 通过数据地址总线 15 的数据总线 A19-A0 和地址总线 D15-D0 与外部 Flash 芯片 SST39VF1601 相连 ;通过 SPI-A 与 SD/MMC 卡相连 ;通过 I2C-A 与铁电存储芯片 FM24CL64 相连 ;通过 SCI-A 与 485 接口电路相连接 ;通过 EQEPA 模块与编码器接口相连。其中外部 Flash 芯片用于 MCU 程序和数据的存储，SD/MMC 卡用于运行数据的记录和监测，铁电存储芯片用于重用装置重要整定值的存储，485 接口用于工业现场的远程监控，编码器接口用于测量电机的转速以便用于控制算法。

[0023] 图 4 所示为 ADC 芯片 AD7656 与 TMS320C28346 的接口电路，为了便于 3 片 ADC 芯片的连接和数据的处理，采样脉冲 CONVSTA、CONVSTB、CONVSTC 和片选信号 CS 通过 EP3C40 处理后进行连接。

[0024] 图 5、图 6、图 7 所示的分别为数字量输出、数字量输入和光纤接口电路。它们与 EP3C40 相连，可以根据实际需要通过接插件进行扩展使用。

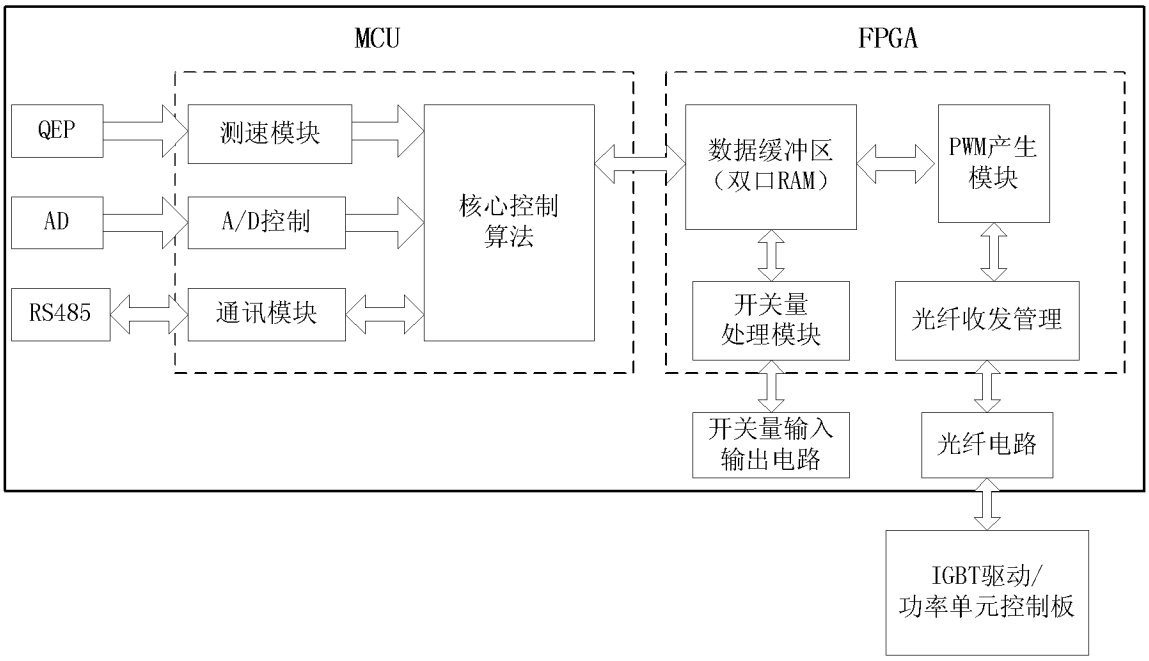

MCU
FPGA
QEP
AD
RS485
测速模块
A/D控制
通讯模块
核心控制
算法
数据缓冲区
（双口RAM）
PWM产生
模块
开关量
处理模块
光纤收发管理
开关量输入
输出电路
光纤电路
IGBT驱动/
功率单元控制板

图 1

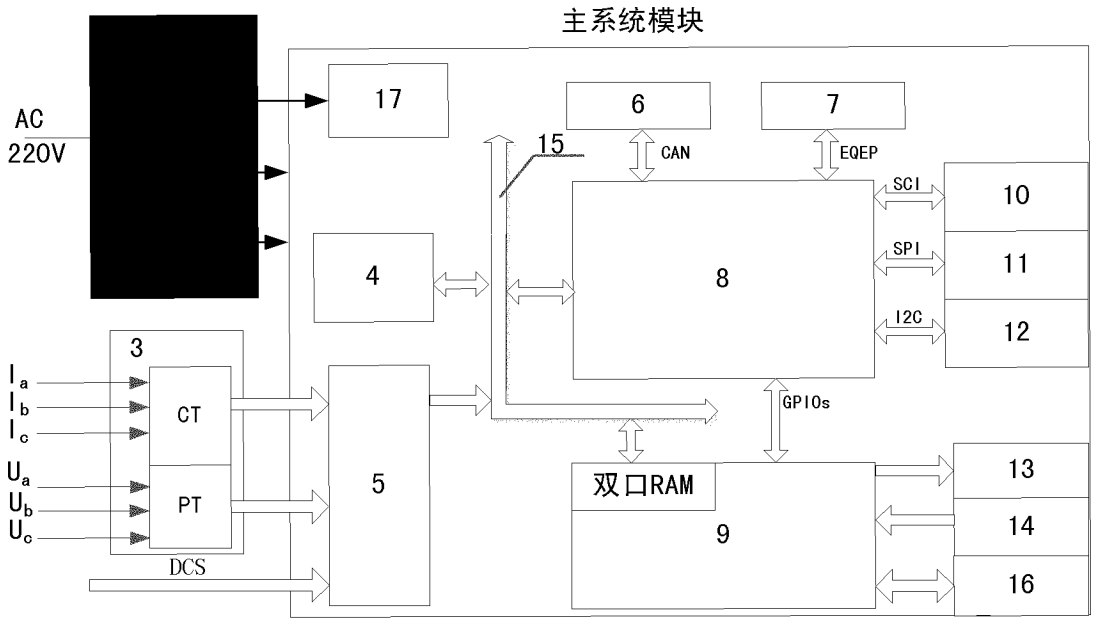
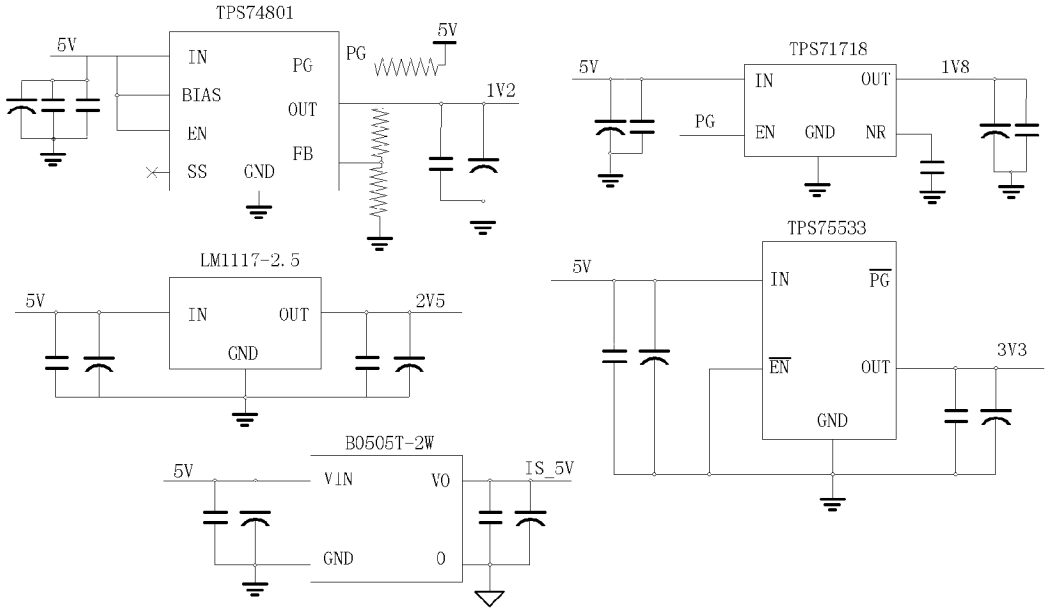
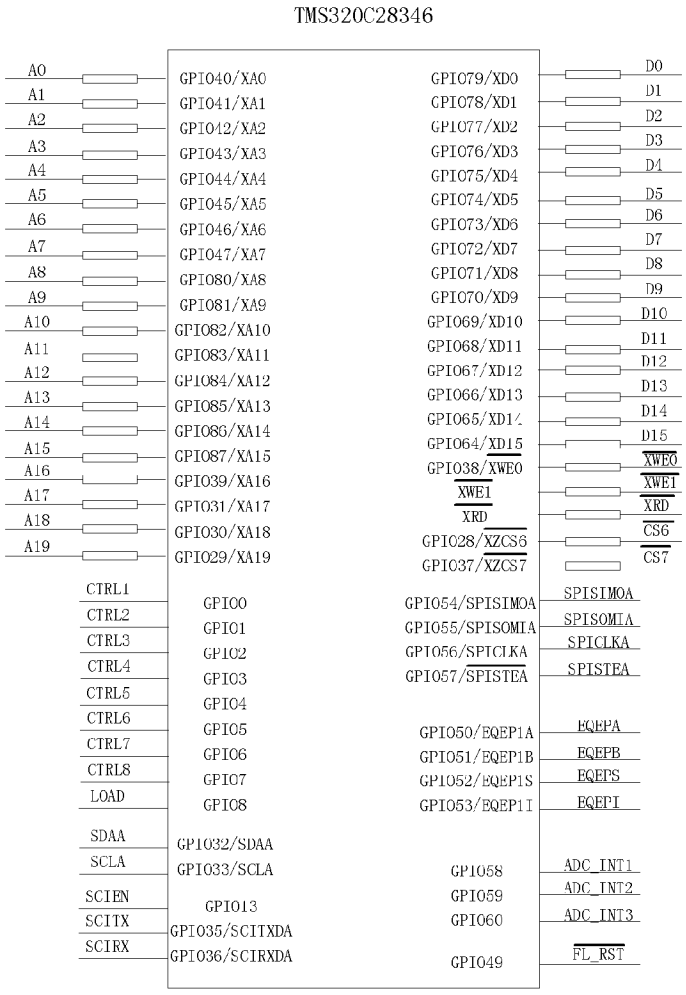

主系统模块
AC
220V
17
6
7
15
CAN
EQEP
SCI
SPI
I2C
10
11
12
4
8
3
CT
PT
5
GPIOs
双口RAM
9
13
14
16
DCS

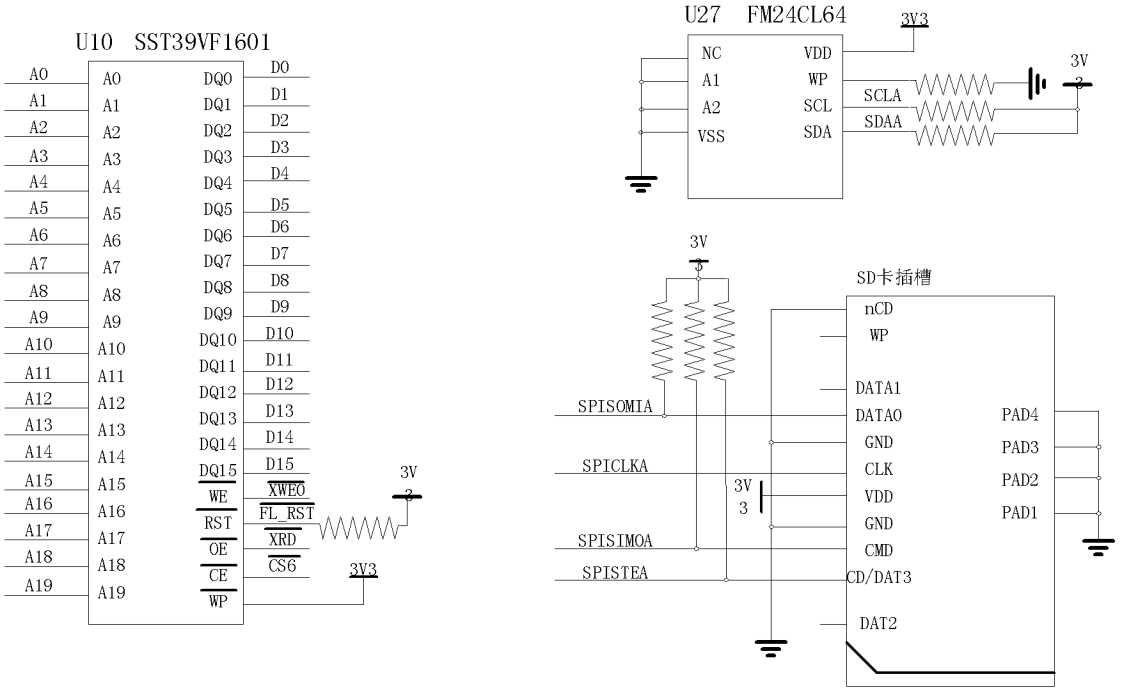
图 2


TPS74801
5V
IN
PG
BIAS
OUT
EN
FB
SS
GND
PG
5V
1V2
TPS71718
5V
IN
OUT
1V8
PG
EN
GND
NR
LM1117-2.5
5V
IN
OUT
2V5
GND
TPS75533
5V
IN
PG
EN
OUT
3V3
GND
B0505T-2W
5V
V1N
VO
IS_5V
GND
0

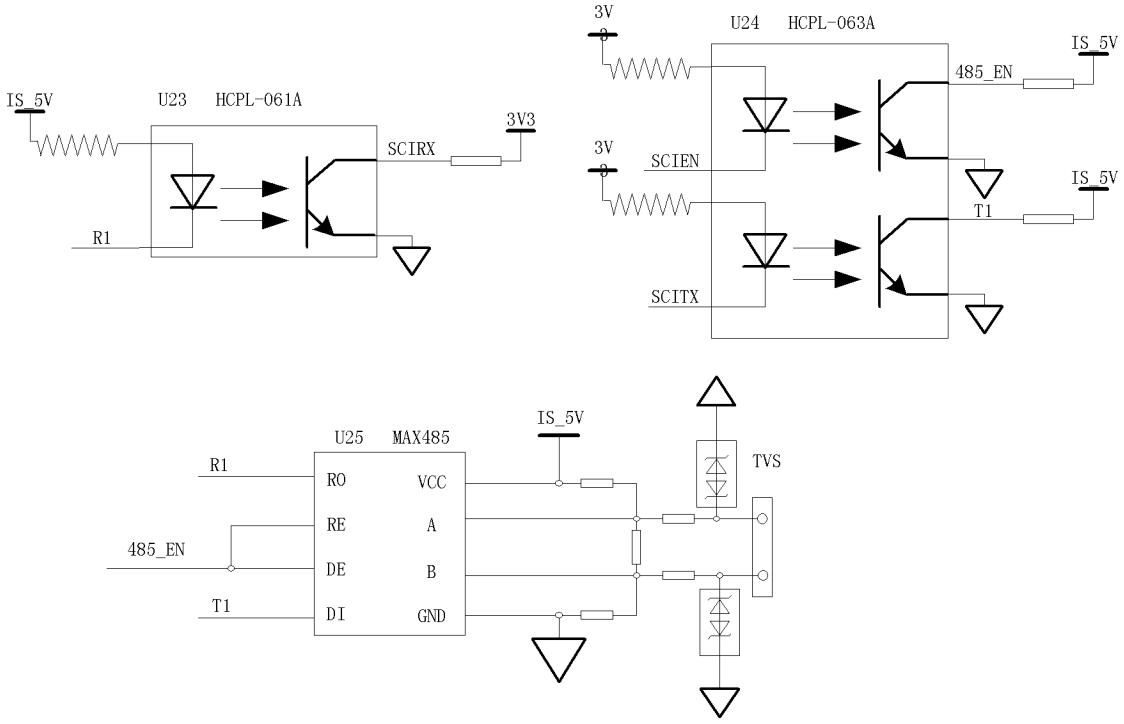
(a)


TMS320C28346
A0
A1
A2
A3
A4
A5
A6
A7
A8
A9
A10
A11
A12
A13
A14
A15
A16
A17
A18
A19
GPIO40/XA0
GPIO41/XA1
GPIO42/XA2
GPIO43/XA3
GPIO44/XA4
GPIO45/XA5
GPIO46/XA6
GPIO47/XA7
GPIO80/XA8
GPIO81/XA9
GPIO82/XA10
GPIO83/XA11
GPIO84/XA12
GPIO85/XA13
GPIO86/XA14
GPIO87/XA15
GPIO39/XA16
GPIO31/XA17
GPIO30/XA18
GPIO29/XA19
GPIO79/XD0
GPIO78/XD1
GPIO77/XD2
GPIO76/XD3
GPIO75/XD4
GPIO74/XD5
GPIO73/XD6
GPIO72/XD7
GPIO71/XD8
GPIO70/XD9
GPIO69/XD10
GPIO68/XD11
GPIO67/XD12
GPIO66/XD13
GPIO65/XD14
GPIO64/XD15
GPIO38/XWE0
XWE1
XRD
GPIO28/XZCS6
GPIO37/XZCS7
D0
D1
D2
D3
D4
D5
D6
D7
D8
D9
D10
D11
D12
D13
D14
D15
XWE0
XWE1
XRD
CS6
CS7
CTRL1
CTRL2
CTRL3
CTRL4
CTRL5
CTRL6
CTRL7
CTRL8
LOAD
GPIO0
GPIO1
GPIO2
GPIO3
GPIO4
GPIO5
GPIO6
GPIO7
GPIO8
GPIO54/SPISIMOA
GPIO55/SPISOMIA
GPIO56/SPICLKA
GPIO57/SPISTEA
SPISIMOA
SPISOMIA
SPICLKA
SPISTEA
GPIO50/EQEP1A
GPIO51/EQEP1B
GPIO52/EQEP1S
GPIO53/EQEP1I
EQEPA
EQEPB
EQEPS
EQEPI
SDAA
SCLA
GPIO32/SDAA
GPIO33/SCLA
SCIEN
SCITX
SCIRX
GPIO13
GPIO35/SCITXDA
GPIO36/SCIRXDA
GPIO58
GPIO59
GPIO60
GPIO49
ADC_INT1
ADC_INT2
ADC_INT3
FL_RST

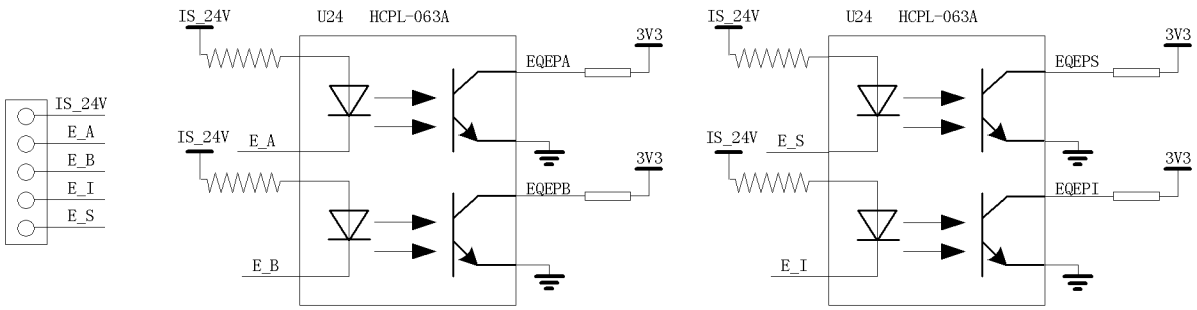
(b)


U10 SST39VF1601
A0
A1
A2
A3
A4
A5
A6
A7
A8
A9
A10
A11
A12
A13
A14
A15
A16
A17
A18
A19
DQ0
DQ1
DQ2
DQ3
DQ4
DQ5
DQ6
DQ7
DQ8
DQ9
DQ10
DQ11
DQ12
DQ13
DQ14
DQ15
WE
RST
OE
CE
WP
XWEO
FL_RST
XRD
CS6
3V
3V3
U27 FM24CL64
NC
A1
A2
VSS
VDD
WP
SCL
SDA
SCLA
SDAA
SD卡插槽
nCD
WP
DATA1
DATA0
GND
CLK
VDD
GND
CMD
CD/DAT3
DAT2
PAD4
PAD3
PAD2
PAD1
SPISOMIA
SPICLKA
SPISIMOA
SPISTEA

（c）


IS_5V
U23 HCPL-061A
R1
SCIRX
3V3
3V
U24 HCPL-063A
SCIEN
SCITX
485_EN
T1
IS_5V
U25 MAX485
R1
485_EN
T1
RO
RE
DE
DI
VCC
A
B
GND
TVS

（d）


IS_24V
E_A
E_B
E_I
E_S
IS_24V
U24
HCPL-063A
3V3
EQEPA
IS_24V
E_A
3V3
EQEPB
E_B
IS_24V
U24
HCPL-063A
3V3
EQEPS
IS_24V
E_S
3V3
EQEPI
E_I

（e）

图 3

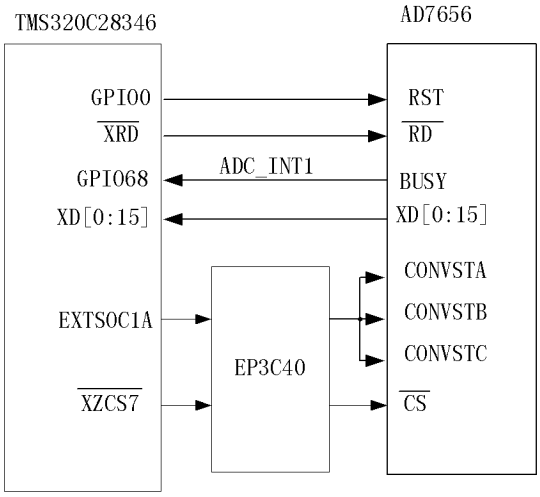

TMS320C28346
AD7656
GPIO0
XRD
GPIO68
XD[0:15]
EXTSOC1A
XZCS7
EP3C40
ADC_INT1
RST
RD
BUSY
XD[0:15]
CONVSTA
CONVSTB
CONVSTC
CS

图 4

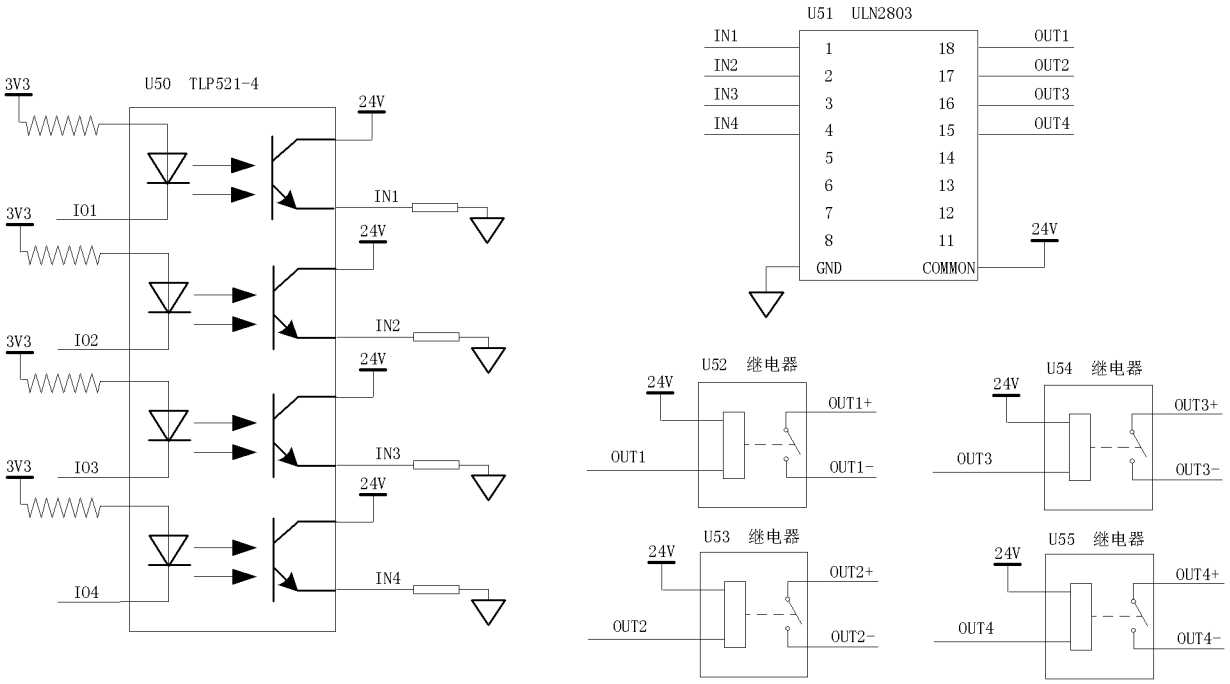

U50 TLP521-4
3V3
IO1
IO2
IO3
IO4
24V
IN1
IN2
IN3
IN4
U51 ULN2803
IN1
IN2
IN3
IN4
1
2
3
4
5
6
7
8
18
17
16
15
14
13
12
11
GND
COMMON
OUT1
OUT2
OUT3
OUT4
U52 继电器
OUT1+
OUT1-
U53 继电器
OUT2+
OUT2-
U54 继电器
OUT3+
OUT3-
U55 继电器
OUT4+
OUT4-

图 5

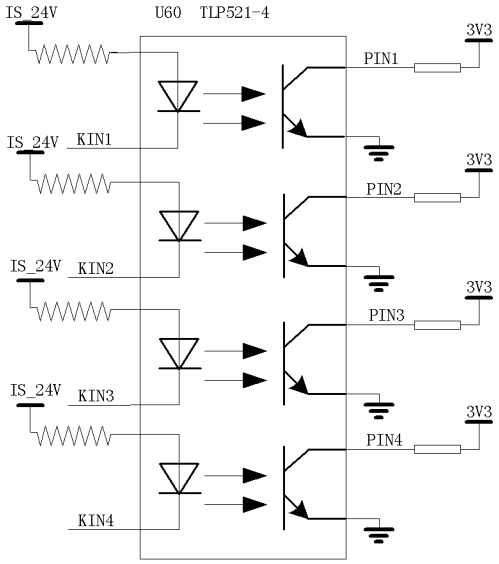

IS_24V
U60 TLP521-4
KIN1
KIN2
KIN3
KIN4
3V3
PIN1
PIN2
PIN3
PIN4

图 6

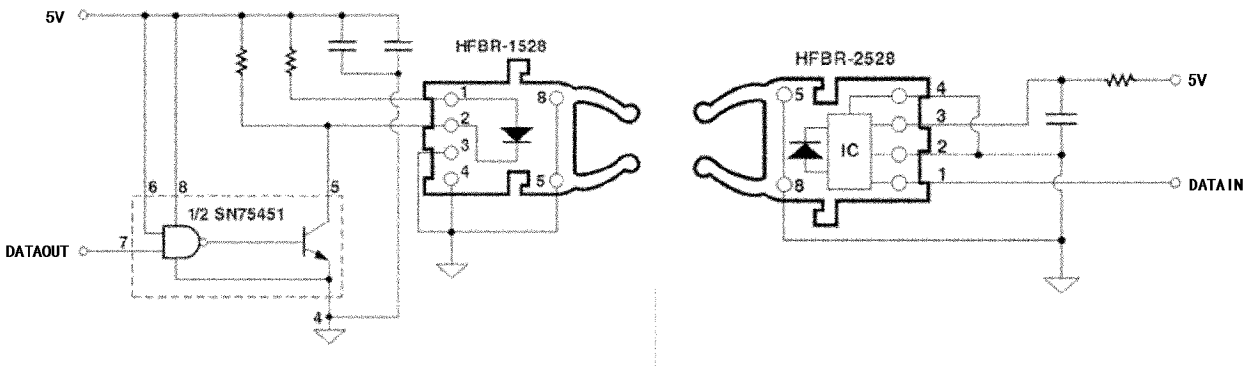

5V
HFBR-1528
1
2
3
4
8
5
6
8
5
1/2 SN75451
7
DATAOUT
4
HFBR-2528
5
4
3
2
1
8
IC
5V
DATAIN

图 7