

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

G05B 15/02 (2006.01)

G05B 19/02 (2006.01)

H04L 12/40 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200510021565.9

[45] 授权公告日 2009年3月18日

[11] 授权公告号 CN 100470411C

[22] 申请日 2005.8.25

[21] 申请号 200510021565.9

[73] 专利权人 比亚迪股份有限公司

地址 518119 广东省深圳市龙岗区葵涌镇
延安路比亚迪工业园

[72] 发明人 王 辉 谭先华 马先红 杨广明
谢 飞 周旭光 廖 勇

[56] 参考文献

US5277584A 1994.1.11

JP10147268A 1998.6.2

US2003199821A 2003.7.24

JP10240330A 1998.9.11

CN1586958A 2005.3.2

EP0647335A1 1995.4.12

JP11338516A 1999.12.10

CN1528614A 2004.9.15

审查员 蔡广宁

[74] 专利代理机构 深圳创友专利商标代理有限公司

代理人 江耀纯 喻尚威

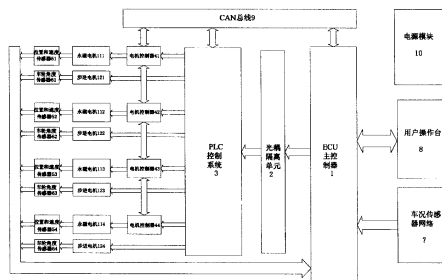
权利要求书 2 页 说明书 7 页 附图 4 页

[54] 发明名称

一种纯电动汽车四轮驱动控制系统

[57] 摘要

本发明公开了一种纯电动汽车四轮驱动控制系统，设有完成主运算处理的电子控制单元 ECU 主控制器，其输入电路接受各传感器的检测信息以及驾驶员的指令信号，CPU 再将这些信号根据存储的参考数据进行对比加工、运算处理，处理数据传送至输出电路通过 PLC 控制系统、电机控制器对永磁电机和步进电机分别进行控制；还设有用以双向传输数据的 CAN 总线，ECU 主控制器、PLC 控制系统和电机控制器通过各自所带的 CAN 收发器与 CAN 总线交互连接，进行数据交换。性能稳定，易于升级和维护，可以方便地通过 PLC 的丰富接口添加新的功能，不需要对汽车电路结构作出大的修改和变动，还减少了线束的使用，有效降低了材料成本和维护成本，提高了使用可靠性，也增加了汽车行驶的安全性。



1.一种纯电动汽车四轮驱动控制系统，包括连接车身各个功能模块且执行控制操作的可编程逻辑控制器 PLC 控制系统、向 PLC 控制系统发出指令的用户操作台、向各组成件提供电源的电源模块和实时检测车况的车况传感器网络，以及分别控制四个车轮旋转的永磁电机、分别控制四个车轮转角的步进电机、分别实时检测四个永磁电机旋转状况的电机位置和速度传感器、分别实时检测四个步进电机转角状况的车轮角度传感器和接受 PLC 控制系统指令分别控制永磁电机的四个电机控制器，所述 PLC 控制系统分四路，每路中均与一个电机控制器、一个永磁电机、一个电机位置和速度传感器逐级连接，所述 PLC 控制系统另分四路，每路中均与一个步进电机、一个车轮角度传感器逐级连接，其特征在于：

设有完成主运算处理的电子控制单元 ECU 主控制器，所述 ECU 主控制器包括输入电路、CPU 和输出电路，与用户操作台交互连接，车况传感器网络、四个电机位置和速度传感器、四个车轮角度传感器的输出端连接至 ECU 主控制器的相应输入端，所述输入电路接受各传感器的检测信息以及驾驶员的指令信号，CPU 再将这些信号根据存储的参考数据进行对比加工、运算处理，处理数据传送至输出电路通过 PLC 控制系统、四个电机控制器对四个永磁电机和四个步进电机分别进行控制；

还设有用以双向传输数据的 CAN 总线，所述 ECU 主控制器、PLC 控制系统和四个电机控制器通过各自所带的 CAN 收发器与 CAN 总线交互连接，进行数据交换。

2. 按照权利要求 1 所述的纯电动汽车四轮驱动控制系统，其特征在于：

在所述 ECU 主控制器和所述 PLC 控制系统之间设有光耦隔离单元。

3. 按照权利要求 1 或 2 所述的纯电动汽车四轮驱动控制系统，其特征在于：

所述 ECU 主控制器包括输入电路、CPU 和输出电路，所述 CPU 内置有统一控制各功能模块协同工作的控制程序，且具有优先处理功能，能根据报文的紧急程度通过 CAN 通信总线优先处理最重要的报文。

4. 按照权利要求 3 所述的纯电动汽车四轮驱动控制系统，其特征在于：

所述 CPU 是 ARM 系列 CPU。

5. 按照权利要求 4 所述的纯电动汽车四轮驱动控制系统，其特征在于：

所述 PLC 带有能将检测到的油门深度、刹车深度信息转换为模拟电流信号的可编程 D/A 转换模块，且内置有逻辑处理程序，能将检测到的档位信息经过逻辑判断处理后根据

优先级消除可能的档位冲突，并输出安全的档位信号。

6. 按照权利要求 5 所述的纯电动汽车四轮驱动控制系统，其特征在于：

所述 PLC 是 FX2N 系列 PLC，或者是 FP 系列 PLC。

7. 按照权利要求 6 所述的纯电动汽车四轮驱动控制系统，其特征在于：

所述车况传感器网络，是包括电机温度传感器、散热器温度传感器、汽车里程传感器、汽车方向传感器、车内室温传感器，以及电池电压霍尔传感器组成的传感器网络，这些传感器根据各自的功能和电气特性分别连接至 ECU 主控制器或 PLC 控制系统。

8. 按照权利要求 7 所述的纯电动汽车四轮驱动控制系统，其特征在于：

所述电机控制器，是具备 CAN 通信功能、能够接收外部指令信号且独立控制电机运转的电机控制器，包括控制电机运转的芯片及其相应的软件，以及由智能功率模块 IPM 构成的逆变器。

9. 按照权利要求 8 所述的纯电动汽车四轮驱动控制系统，其特征在于：

所述用户操作台包括档位控制器、显示面板、方向盘和油门刹车，将驾驶者发出的指令信号传送至 ECU 主控制器进行相应处理，并通过显示面板反馈给驾驶者。

一种纯电动汽车四轮驱动控制系统

技术领域

本发明涉及控制电动车辆牵引电动机的方法、电路或机构，尤其是涉及一种纯电动汽车四轮驱动控制系统。

背景技术

可编程逻辑控制器（Programmable Logic Controller，简称 PLC）已广泛应用于各行各业的开关控制、运动控制、过程控制、数据处理和通信联网，但是在电动汽车的驱动控制却少见有应用。另一种在一些中高级轿车的发动机、防抱死制动系统、四轮驱动系统、电控自动变速器、主动悬架系统、安全气囊系统、多向可调电控座椅配置的电子控制单元（Electronic Control Unit，简称 ECU），尚未见有在纯电动汽车四轮驱动系统中采用。目前商业化的电动汽车主要有以下几种：日本本田公司的 Insight、丰田公司的 Prius 和 Civic。这些电动汽车都是由引擎和电机混合提供动力，仅使用一个电机，控制功能相对简单。丰田公司的混合动力汽车 ESTIMA 采用了电动四轮驱动的概念性设计，该系统的后轮是纯电机控制，但是其前轮仍然是由引擎和电机共同驱动，使用机械差速器，并非纯电子方式实现的四轮驱动，相关技术也未见有公开的报道。

发明内容

本发明所要解决的技术问题是弥补现有技术的缺陷，提出一种采用 ECU 和 PLC 的纯电动汽车四轮驱动控制系统。

本发明的技术问题是这样加以解决的：

这种纯电动汽车四轮驱动控制系统，包括连接车身各个功能模块且执行控制操作的可编程逻辑控制器（Programmable Logic Controller，简称 PLC）控制系统、向 PLC 控制系统发出指令的用户操作台、向各组成件提供电源的电源模块和实时检测车况的车况传感器网络，以及分别控制四个车轮旋转的永磁电机、分别控制四个车轮转角的步进电机、分别实时检测四个永磁电机旋转状况的电机位置和速度传感器、分别实时检测四个步进电机转角状况的车轮角度传感器和接受 PLC 控制系统指令分别控制永磁电机的四个电机控制器，所述 PLC 控制系统分四路，每路中均与一个电机控制器、一个永磁电机、一个电机位置和速度传感器逐级连接，所述 PLC 控制系统另分四路，每路中均与一个步进电机、一个车轮角

度传感器逐级连接。

这种纯电动汽车四轮驱动控制系统的特点是：

设有完成主运算处理的电子控制单元（Electronic Control Unit，简称 ECU）主控制器，所述 ECU 主控制器包括输入电路、CPU 和输出电路，与用户操作台交互连接，车况传感器网络、四个电机位置和速度传感器、四个车轮角度传感器的输出端连接至 ECU 主控制器的相应输入端，所述输入电路接受各传感器的检测信息以及驾驶员的指令信号，CPU 再将 these 信号根据存储的参考数据进行对比加工、运算处理，处理数据传送至输出电路通过 PLC 控制系统、四个电机控制器对四个永磁电机和四个步进电机分别进行控制。

还设有用以双向传输数据的控制单元区域网络（Controller Area Network，简称 CAN）总线，所述 ECU 主控制器、PLC 控制系统和四个电机控制器通过各自所带的 CAN 收发器与 CAN 总线交互连接，进行数据交换。ECU 主控制器将其他控制器需要的数据传输到 CAN 总线中，需要这些数据的控制器从 CAN 总线中接收这些数据，不需要这些数据的控制器会将数据判断为无用，并将这些数据忽略掉。在整车多个控制器之间的信息传递采用这种称为多路复用通信网络技术形成一个网络系统，可以简化电路，降低成本。

本发明的技术问题是这样择优加以解决的：

在所述 ECU 主控制器和所述 PLC 控制系统之间设有光耦隔离单元。

所述 ECU 主控制器的 CPU 内置有统一控制各功能模块协同工作的控制程序，且具有优先处理功能，能根据报文的紧急程度通过 CAN 通信总线优先处理最重要的报文。例如设定电机功率保护的优先级较高，在进入功率保护状态时，ECU 主控制器会自动切断电机供电电源。

所述 CPU 是美国 TI 公司、ATMEL 公司出品的 ARM 系列 CPU。

所述 PLC 带有能将检测到的油门深度、刹车深度信息转换为模拟电流信号的可编程 D/A 转换模块，且内置有逻辑处理程序，能将检测到的档位信息经过逻辑判断处理后根据优先级消除可能的档位冲突，并输出安全的档位信号。

所述 PLC 是三菱公司出品的 FX2N 系列 PLC，或者是松下公司出品的 FP 系列 PLC。

所述车况传感器网络，是包括电机温度传感器、散热器温度传感器、汽车里程传感器、汽车方向传感器、车内室温传感器，以及电池电压霍尔传感器组成的传感器网络，这些传感器根据各自的功能和电气特性分别连接至 ECU 主控制器或 PLC 控制系统。

所述电机控制器，是具备 CAN 通信功能、能够接收外部指令信号且独立控制电机运转的电机控制器，包括控制电机运转的芯片及其相应的软件，以及由智能功率模块（Intelligent Power Module，简称 IPM）构成的逆变器。

所述用户操作台包括档位控制器、显示面板、方向盘和油门刹车，将驾驶者发出的指令信号传送至 ECU 主控制器进行相应处理，并通过显示面板反馈给驾驶者。

本发明在 PLC 控制系统基础上采用 ECU 主控制器和 CAN 总线，属于纯电子软件方式对纯电动汽车进行四轮驱动控制，性能稳定，易于升级和维护。可以方便地通过 PLC 的丰富接口添加新的功能，不需要对汽车电路结构作出大的修改和变动，还减少了线束的使用，有效降低了材料成本和维护成本，提高了使用可靠性，也增加了汽车行驶的安全性。

附图说明

下面对照附图并结合具体实施方式对本发明作进一步详细的说明：

图 1 是本发明一具体实施方式的组成方框图；

图 2 是图 1 的 ECU 主控制器和 PLC 控制系统之间数据交换的电路简图；

图 3 是本发明一具体实施方式的四轮驱动示意图；

图 4 是本发明一具体实施方式的 PLC 控制程序的流程图。

具体实施方式

一种应用在比亚迪概念纯电动车 ET 上的纯电动汽车四轮驱动控制系统

这种纯电动汽车四轮驱动控制系统，包括连接车身各个功能模块且执行控制操作的 PLC 控制系统 3、向 PLC 控制系统 3 发出指令的用户操作台 8、向各组成件提供电源的电源模块 10 和实时检测车况的车况传感器网络 7，以及分别控制车轮 131~134 旋转的永磁电机 111~114、分别控制车轮 131~134 转角的步进电机 121~124、分别实时检测永磁电机 111~114 旋转状况的电机位置和速度传感器 51~55、分别实时检测步进电机 121~124 转角状况的车轮角度传感器 61~64 和接受 PLC 控制系统 3 指令分别控制永磁电机 111~114 的电机控制器 41~44，所述 PLC 控制系统 3 分四路，每路中均与一个电机控制器、一个永磁电机、一个电机位置和速度传感器逐级连接，所述 PLC 控制系统 3 另分四路，每路中均与一个步进电机、一个车轮角度传感器逐级连接。所述 PLC 控制系统 3 的 PLC 是三菱公司出品的型号为 FX2N4DA 的 PLC。

设有完成主运算处理的 ECU 主控制器 1，所述 ECU 主控制器 1 与用户操作台 8 交互连接，车况传感器网络 7、电机位置和速度传感器 51~55、车轮角度传感器 61~64 的输出端连接至 ECU 主控制器 1 的相应输入端，所述各组成件配合 ECU 主控制程序和 PLC 控制程序，整合成车身电路系统。所述 ECU 主控制器 1 是美国 TI 公司公司出品的型号为 TMS470 的 MCU，其 CPU 内核是 ARM7TDMI。

还设有用以双向传输数据的 CAN 总线 9，所述 ECU 主控制器 1、PLC 控制系统 3 和电机控制器 41~44 通过各自所带的 CAN 收发器与 CAN 总线 9 交互连接，进行数据交换。

图 1 所示的 ECU 主控制器 1 从用户操作台 8 取得用户的指令，例如档位指令，速度指令（踩油门），并通过电机位置和速度传感器 51~54 检测永磁电机 111~114 的转速信息，通过车轮角度传感器 61~64 检测当前车轮 131~134 的转角信息，通过车况传感器网络 7 检测电动车的车身情况，经过 ECU 主控制器 1 内置的软件判断和处理后，将运算处理结果通过光耦隔离单元 2 发送至 PLC 控制系统 3，然后 PLC 控制系统 3 将这些控制信号通过内置算法转换成电机控制信号，通过电机控制器 41~44 分别驱动永磁电机 111~114 运行。

在运行过程中，PLC 控制系统 3 的运行情况和电机控制器 41~44 的运行情况，通过 CAN 总线 9 与 ECU 主控制器 1 进行 CAN 通信。ECU 主控制器 1 根据 CAN 通信协议，对不同的情况进行不同的处理，例如 PLC 控制系统 3 信号出现超过量程的输出，PLC 控制系统 3 就将这个错误通过 CAN 总线 9 发送至 ECU 主控制器 1，ECU 主控制器 1 立刻减小输入信号，使 PLC 控制系统 3 输出达到正常范围。在进行电机控制的同时，ECU 主控制器 1 还会将车身信息如速度、档位、电池信息通过显示面板，提供给驾驶者。

图 2 表述了 ECU 主控制器 1 和 PLC 控制系统 3 的接口，ECU 主控制器 1 工作在 5V 低电压，PLC 控制系统 3 工作电源为 24V，两者由光耦隔离单元 2 隔离。ECU 主控制器 1、PLC 控制系统 3 通过各自所带的 CAN 收发器 12、13 与 CAN 总线 9 交互连接，进行数据交换。

包括停车档 P、倒车档 R、空档 N、前进档 D、回馈档 B、打转档 SH、手刹信号 HandBrake、脚刹信号 FootBrake、防抱死刹车信号 ABS，以及油门深度信号 Gain 的指令性信号，由 ECU 主控制器 1 发出。

ECU 主控制器 1 发出处于停车档 P 位的指令性信号，PLC 控制系统 3 向电机控制器 41~44 发出空转信号。

ECU 主控制器 1 发出处于空档 N 位的指令性信号，PLC 控制系统 3 向电机控制器 41~44 发出停转信号。

ECU 主控制器 1 发出处于前进档 D 位的指令性信号，PLC 控制系统 3 向电机控制器 41~44 发出控制四个永磁电机 111~114 同时正转前进信号。

ECU 主控制器 1 发出处于倒车档 R 位的指令性信号，PLC 控制系统 3 向电机控制器 41~44 发出控制四个永磁电机 111~114 同时反转后退信号。

ECU 主控制器 1 发出处于打转档 SH 位的指令性信号，PLC 控制系统 3 向电机控制器 41~44 发出先控制永磁电机 111~114 停转后再按照顺时针或逆时针旋转信号。

ECU 主控制器 1 发出脚刹信号 FootBrake 的指令性信号，PLC 控制系统 3 向电机控制器 41~44 发出控制永磁电机 111~114 在运行情况下迅速制动信号。

ECU 主控制器 1 发出手刹信号 HandBrake 的指令性信号, PLC 控制系统 3 向电机控制器 41~44 同样发出控制永磁电机 111~114 在运行情况下迅速制动信号。

ECU 主控制器 1 发出防抱死刹车信号 ABS 的指令性信号, PLC 控制系统 3 向电机控制器 41~44 发出使用电制动的方法实现防抱死制动信号。

ECU 主控制器 1 发出油门深度信号 Gain 的指令性信号, PLC 控制系统 3 向电机控制器 41~44 发出反映油门踏板踩下深度的模拟信号。

上述信号属于开关信号, 也就是只用 0 和 1 表示的信号。对于车轮旋转方向的定义是从车身尾端为观察方向, 车轮顺时针旋转为 1, 逆时针旋转为 0; 对于电机旋转方向的定义是从电机尾端为观察方向, 电机顺时针旋转为 1, 逆时针旋转为 0。由于汽车左侧电机和右侧电机旋转的方向可能相反也可能相同, 例如前进时相反, 原地转向时相同, 因此 PLC 控制系统 3 根据实际的档位指令性信号, 分别将前进档 D 转换成 D1~D4 四个独立信号, 将倒车档 R 转换成 R1~R4 四个独立信号, 分别送入电机控制器 41~44。

所述 D1~D4 四个独立信号和 R1~R4 四个独立信号经过 PLC 控制系统 3 时, 油门深度信号 Gain 和方向盘角度 Angle 信号分别由车况传感器网络 7 和车轮角度传感器 61~64 提供给 PLC 控制系统 3, PLC 控制系统 3 将其转换为符合电机控制器 41~44 接口规范的模拟信号, 并分别提供给电机控制器 41~44。

图 3 中永磁电机 111~114 分别用于驱动车轮 131~134, 步进电机 121~124 分别用于控制车轮 131~134 转向, 通过步进电机 121~124 改变车轮 131~134 的转角来控制行驶方向。

在正常行驶状态下, 通过控制步进电机 121~124, 使左前轮 111 和右前轮 112 的转角相等, 左后轮 113 和右后轮 114 的转角相等, 这样在汽车前进时或后退时就能正常的转弯。

处于原地转向状态下, PLC 控制系统 3 先保证永磁电机 111~114 停止旋转, 然后通过步进电机 121~124 调整车轮 131~134 使其外切于一个以车身对角线为直径的圆 14, 然后启动控制车轮 131~134 旋转的永磁电机 111~114 朝同一方向旋转。原地打转功能适用于场地狭窄的情况, 目的是在尽可能小的面积上完成 360° 旋转, 车身按照圆心 O 旋转时使用的面积最小, 其运动轨迹是一个圆 14, 将达到最佳效果。但是, 车轮 131~134 不可能完全同时达到相切于外切圆的情况, 原地打转的圆心本身实际上也在运动, 其运动轨迹也是一个圆 15。旋转到指定位置后, ECU 主控制器 1 会发出调整车轮 131~134 转角的指令性信号, 车轮 131~134 返回到正常的角度, 即 $\theta = 90^\circ$ 。

表 1 是档位和 PLC 输出信号及车轮转向的对应表, 说明了档位、PLC 输出信号与车轮转向之间的具体逻辑关系。对于车轮旋转方向的定义是从车身尾端为观察方向, 车轮顺时针旋转为 1, 逆时针旋转为 0, 不旋转为 X。PLC 输出的 D1~D4、R1~R4、P、N 是 PLC

控制系统 3 向电机控制器 41~44 发出的信号。

表 1 档位、PLC 输出信号与车轮转向的对应表

档位	车轮	PLC 输出	车轮旋转方向
D 档	左前	D1	1
	左后	D2	1
	右前	R3	0
	右后	R4	0
R 档	左前	R1	0
	左后	R2	0
	右前	D3	1
	右后	D4	1
P 档	左前	P	X
	左后	P	X
	右前	P	X
	右后	P	X
N 档	左前	N	X
	左后	N	X
	右前	N	X
	右后	N	X
SH 档左旋转	左前	R1	0
	左后	R2	0
	右前	D3	0
	右后	D4	0
SH 档右旋转	左前	D1	1
	左后	D2	1
	右前	R3	1
	右后	R4	1

表 2 是方向盘转向和电机转向的对应表，说明了方向盘与电机转向之间的具体逻辑关系。对于电机旋转方向的定义是从电机尾端为观察方向，电机顺时针旋转为 1，逆时针旋转为 0，不旋转为 X。

表 2 方向盘转向与电机转向的对应表

方向盘转向	车轮	步进电机转向	永磁电机转向
正常左转	左前	1	1
	左后	X	1
	右前	1	0
	右后	X	0
正常右转	左前	0	1
	左后	X	1

	右前	0	0
	右后	X	0
原地转向左转	左前	1	0
	左后	0	0
	右前	1	0
	右后	0	0
原地转向右转	左前	1	1
	左后	0	1
	右前	1	1
	右后	0	1

PLC 控制系统 3 的程序流程如图 4 所示。上电后, PLC 控制系统 3 先进行自检, 如果自检出错, 就通过 CAN 总线 9 发送数据, 同时禁止油门输出。如果硬件检测正常, 就读入 ECU 主控制器 1 的控制信号, 并读入油门深度和方向盘角度等传感器信号, 转换成兼容电机控制器 41~44 的信号输出。如果读入的信号中包含了原地打转信号, 就先判断当前是否已经处于打转状态, 如果是, 继续根据油门的大小和方向盘的角度计算打转的速度和方向; 如果非, 就先控制停止永磁电机 111~114, 然后根据方向盘角度控制步进电机 121~124, 使车轮 131~134 的偏移角 $\theta \approx 40^\circ$, 这是车轮打转的合适角度 θ , 如图 3 所示, 然后根据油门大小计算打转的速度。

为了避免车辆出现不正常的转向情况, 例如在行驶中的原地转向, 本发明是通过软件检测出错误以避免这种情况的发生。在 IO 口或 D/A 转换器持续超量程的情况下, 往往预示硬件可能出现问题, PLC 控制系统 3 通过 CAN 总线 9 发送的检测错误信号由 ECU 主控制器 1 统一处理, 防止可能出现的不良状况, 维持系统仍能工作, 并通过用户操作台 8 反馈给驾驶者, 提醒其注意检查硬件。在档位出现错误的情况下, PLC 控制系统 3 通过 CAN 总线 9 发送检测错误信号由 ECU 主控制器 1 统一处理, 优先采用最安全的档位, 例如同时出现原地转向和停车两种档位信号, 就优先采用停车档位, 放弃原地转向这一指令。

经过在比亚迪概念纯电动车 ET 上历时一年多试用和测试证明, 该纯电动汽车四轮驱动控制系统能够达到预定效果。转向力矩实验: 车轮最大承受扭矩为 3.7 N·m 时能正常转向; 转速实验: 车轮从直线行驶角即车轮偏移角 $\theta = 0^\circ$ 至最大转弯角即车轮偏移角 $\theta = 40^\circ$, 最短耗时为 1.8s; 道路实验: 汽车环形测试道上千公里无故障行驶。

以上内容是结合具体的优选实施方式对本发明所作的进一步详细说明, 不能认定本发明的具体实施只局限于这些说明。对于本发明所属技术领域的普通技术人员来说, 在不脱离本发明构思的前提下, 还可以做出若干简单推演或替换, 都应当视为属于本发明由所提交的权利要求书确定的专利保护范围。

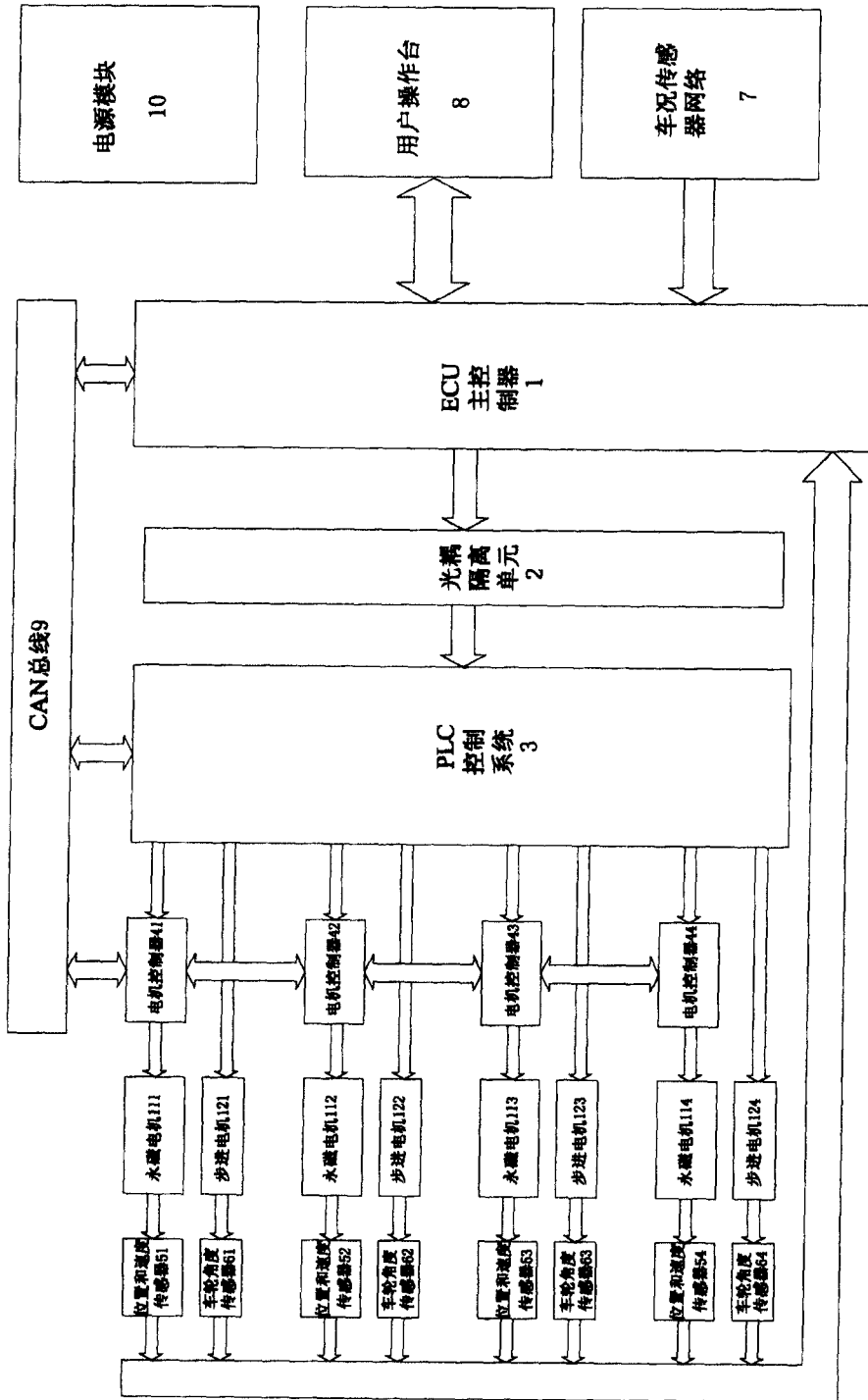


图 1

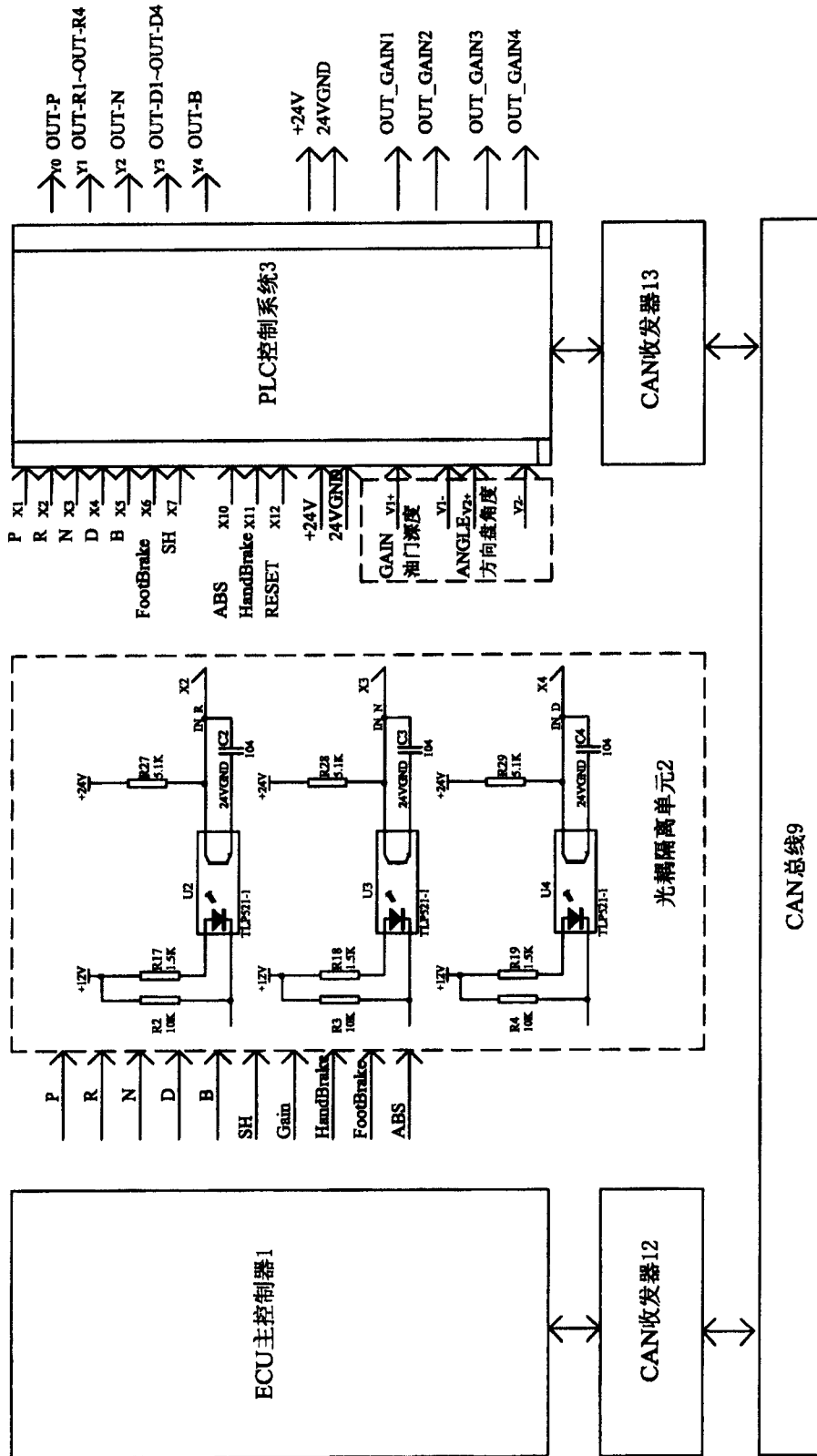


图 2

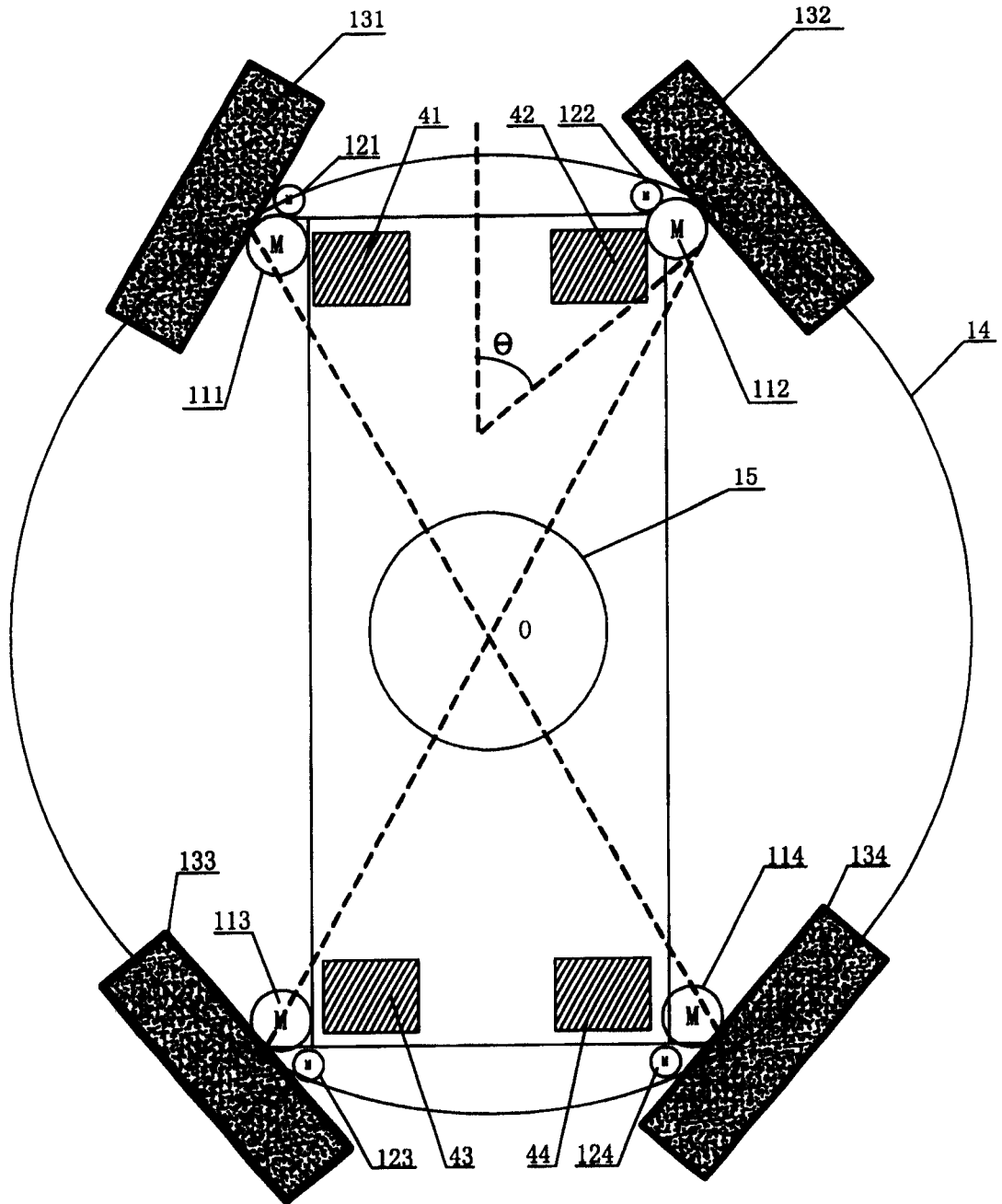


图 3

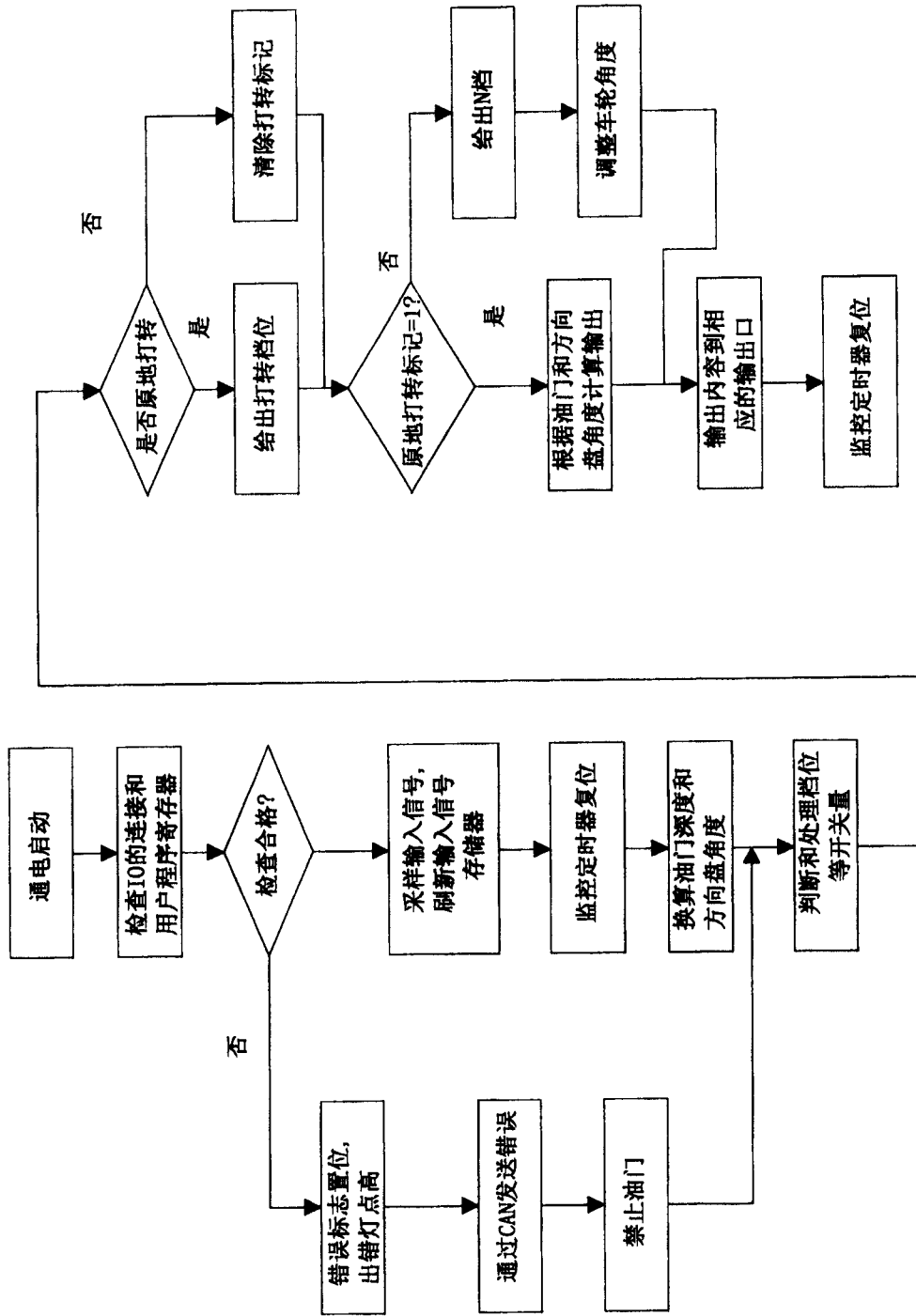


图 4