[19]中华人民共和国国家知识产权局

[51]Int.Cl[7]
H02M 7/538
H03K 7/08

[12]发明专利说明书

[21] ZL 专利号 95194184.4

[45]授权公告日 2000 年 6 月 7 日

[11]授权公告号 CN 1053300C

[22]申请日 1995.6.1 [24]颁证日 2000.4.14
[21]申请号 95194184.4
[30]优先权
[32]1994.6.10 [33]US [31]08/258,305
[86]国际申请 PCT/US95/06969 1995.6.1
[87]国际公布 WO95/34941 英 1995.12.21
[85]进入国家阶段日期 1997.1.16
[73]专利权人 诺思路·格鲁曼公司
地址 美国马里兰
[72]发明人 詹姆斯·L·芒罗
杰弗里·B·兰斯伯里
贝斯·A·赫曼
[56]参考文献
US4,821,266 1989. 4.11
US5,309,079 1994. 5. 3

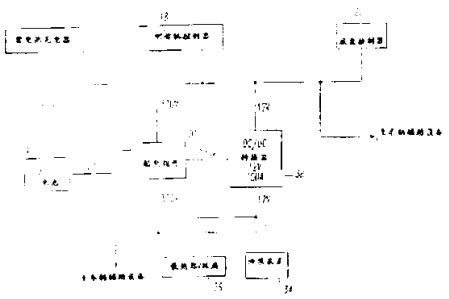
[74]专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利商标事务所
代理人 王茂华
审查员 李 超

权利要求书 4 页 说明书 17 页 附图页数 9 页

[54]发明名称 具有集成测试和控制的数字脉冲宽度调制器(PWM)电路

[57]摘要

一种脉冲宽度调制(PWM)电路,用于产生脉冲以起动一个驱动器控制装置,以驱动一对用于一个电动机的开关电路,包括:一个输入部分,用于接收待调制的N位数字化输入信号,以及一个PWM计数器,用于从零到一个预定数并返回到零连续计数,该PWM计数器产生一个数字化三角波形,具有与该预定数相对应的N位分辨能力。一个比较装置接收并比较数字化输入信号和数字化三角波形,以产生一个输出脉冲,以及一个空载时间发生装置从比较装置所产生的输出脉冲来产生第一脉冲和第二脉冲。第一和第二脉冲各驱动开关电路中一个对应开关电路,并且第一和第二脉冲相互之间具有不同的跃迁时间。一个内装测试(BIT)电路提供与第一和第二脉冲相对应的BIT输入信号,以检验包括一个来自驱动器控制装置的反馈回路的PWM电路的正确操作,驱动器控制装置比PWM电路具有较高集成度,并且BIT输入信号提供各PWM信号的个别控制。



ISSN1008-4274

权　利　要　求　书

1.一种具有集成测试和控制的数字脉冲宽度调制(PWM)电路,用于产生脉冲以起动一个驱动器控制装置,以驱动一对用于一个电动机的开关电路,包括:

一个输入部分,用于接收待调制的N位数字化输入信号;

一个PWM计数器,用于从零到一个预定数并返回到零连续计数,该PWM计数器产生一个数字化三角波形,其具有与该预定数相对应的N位分辨能力;

一个比较装置,用于接收和比较数字化输入信号和数字化三角波形,以产生一个输出脉冲;

一个空载时间发生装置,用于从比较装置所产生的输出脉冲来产生第一脉冲和第二脉冲;以及

其特征在于,一个内装测试(BIT)电路,用于提供与第一和第二脉冲相对应的BIT输入信号,以检验包括一个来自驱动器控制装置的反馈回路的PWM电路的正确操作,驱动器控制装置比PWM电路具有较高集成度,并且BIT输入信号提供各PWM信号的个别控制。

2.按照权利要求1的具有集成测试和控制的数字脉冲宽度调制(PWM)电路,其特征在于还包括一个逻辑电路,用于接收第一和第二脉冲,并且分别按照第一和第二输出脉冲来起动驱动器控制装置。

3.按照权利要求1的具有集成测试和控制的数字脉冲宽度调制(PWM)电路,其特征在于第一脉冲具有第一延迟,以及第二脉冲具有第二延迟,第一和第二延迟与比较装置的输出脉冲相同步。

4.按照权利要求1的具有集成测试和控制的数字脉冲宽度调制(PWM)电路,其特征在于还包括一个脉冲宽度调制控制器,其提供同步信号以使PWM电路的操作与数字化三角波形的峰和谷相同步。

5.按照权利要求4的具有集成测试和控制的数字脉冲宽度调制(PWM)电路,其特征在于脉冲宽度调制控制器对输入部分提供同步信号,用于与PWM计数器相同地装载数字化输入信号。

6. 按照权利要求 1 的具有集成测试和控制的数字脉冲宽度调制（PWM）电路，其特征在于包括空载时间发生装置和 BIT 电路的 PWM 电路以一个独立应用的单集成电路片的数字逻辑阵列来实现。

7. 按照权利要求 1 的具有集成测试和控制的数字脉冲宽度调制（PWM）电路，其特征在于数字化三角波形以一个从 0 到 511 并且从 511 到 0 连续计数的 9 位计数器来实现，这里从 0 到 511 到 0 的计数或从 511 到 0 到 511 的计数表示一个周期。

8. 按照权利要求 1 的具有集成测试和控制的数字脉冲宽度调制（PWM）电路，其特征在于输入部分包括寄存器，用于与 PWM 计数器相同步地装载数字化输入信号，以及比较装置把输入信号的 9 位数字值与来自 9 位 PWM 计数器的数字化三角波形相比较，并且产生输出脉冲。

9. 按照权利要求 8 的具有集成测试和控制的数字脉冲宽度调制（PWM）电路，其特征在于输出脉冲由在三角波形的一个周期期间只装载一次的输入寄存器来产生。

10. 按照权利要求 8 的具有集成测试和控制的数字脉冲宽度调制（PWM）电路，其特征在于输出脉冲由在从 0 到 511 由小到大计数的周期期间装载一次，以及在从 511 到 0 由大到小计数的周期期间装载一次的输入寄存器来产生。

11. 按照权利要求 8 的具有集成测试和控制的数字脉冲宽度调制（PWM）电路，其特征在于当三角形计数器比数字信号小时，输出脉冲为逻辑低状态，以及当三角波形计数器比数字输入信号大时，输出脉冲为逻辑高状态。

12. 按照权利要求 8 的具有集成测试和控制的数字脉冲宽度调制（PWM）电路，其特征在于当三角波形计数器比数字输入信号小时，输出脉冲为逻辑高状态，以及当三角波形计数器比数字输入信号大时，输出脉冲为逻辑低状态。

13. 按照权利要求 8 的具有集成测试和控制的数字脉冲宽度调制（PWM）电路，其特征在于输入寄存器在 9 位计数器从小到大计数和从大到小计数两者之前装载。

14. 一种具有集成测试和控制的数字脉冲宽度调制（PWM）电路，用于产生脉冲以起动一个驱动器控制装置，以驱动一对用于一个电动机的开关电路，包括:

一个输入部分，用于接收待调制的 N 位数字化输入信号;

一个 PWM 计数器，用于从零到一个预定数并返回到零连续计数，该 PWM 计数器产生一个数字化三角波形，其具有与该预定数相对应的 N 位分辨能力;

一个比较装置，用于接收和比较数字化输入信号和数字化三角波形，以产生一个输出脉冲;

一个空载时间发生装置，用于从比较装置所产生的输出脉冲来产生第一脉冲和第二脉冲，该第一和第二脉冲各驱动开关电路中一个对应开关电路，该第一和第二脉冲相互之间具有不同的跃迁时间；以及

其特征在于，一个禁止逻辑电路，与所述空载时间发生装置相连，用于防止三角波形的峰和谷所对应的输入信号值与三角波形相比较。

15. 一种具有集成测试和控制的数字脉冲宽度调制（PWM）电路，用于产生脉冲以起动一个驱动器控制装置，以驱动一对用于一个电动机的开关电路，包括:

一个输入部分，用于接收待调制的 N 位数字化输入信号;

一个 PWM 计数器，用于从零到一个预定数并返回到零连续计数，该 PWM 计数器产生一个数字化三角波形，其具有与该预定数相对应的 N 位分辨能力;

一个比较装置，用于接收和比较数字化输入信号和数字化三角波形，以产生一个输出脉冲;

一个空载时间发生装置，用于从比较装置所产生的输出脉冲来产生第一脉冲和第二脉冲，该第一和第二脉冲各驱动开关电路中一个对应开关电路，该第一和第二脉冲相互之间具有不同的跃迁时间;

其特征在于，

一个逻辑电路，用于接收第一和第二脉冲，并且分别按照第一和第二输出脉冲来起动驱动器控制装置；以及

一个测试控制装置，用于以测试信号来代替 PWM 电路的输入信号，以测试 PWM 电路，该测试控制装置把由 PWM 电路产生的与测试信号相对应的实际 PWM 输出脉冲与测试信号相对应的已知输出脉冲相比较。

说　　明　　书

具有集成测试和控制的数字脉冲宽度调制（PWM）电路

下列美国专利申请与本申请在相同日期提出，这些申请是可以信赖的，并且在本申请中参考引入。

带有代理人卷号 No. 58,295 的题目为“平顶原理”，并且与此在相同日期提出的美国专利申请;

带有代理人卷号 No. 58,332 的题目为“感应电动机及有关冷却方法”，并且与此在相同日期提出的美国专利申请;

带有代理人卷号 No. 58,333 的题目为“用于电动车辆的汽车 12 伏系统”，并且与此在相同日期提出的美国专利申请;

带有代理人卷号 No. 58,334 的题目为“用于电动车辆推进系统的直冷开关组件”，并且与此在相同日期提出的美国专利申请;

带有代理人卷号 No. 58,335 的题目为“电动车辆推进系统”，并且与此在相同日期提出的美国专利申请;

带有代理人卷号 No. 58,336 的题目为“用于高压电动机控制的速度控制与自举技术”，并且与此在相同日期提出的美国专利申请;

带有代理人卷号 No. 58,337 的题目为“用于电动车辆推进系统电动机控制器的矢量控制板”，并且与此在相同日期提出的美国专利申请;

带有代理人卷号 No. 58,339 的题目为“用于电动车辆的控制机构”，并且与此在相同日期提出的美国专利申请;

带有代理人卷号 No. 58,340 的题目为“用于电源变换器的改进型电磁干扰滤波器布局”，并且与此在相同日期提出的美国专利申请;

带有代理人卷号 No. 58,341 的题目为“用于传感电源与底盘之间泄漏电流的故障探测电路”，并且与此在相同日期提出的美国专利申请;

带有代理人卷号 No. 58,342 的题目为“电动车辆继电器组件”，并且与此在相同日期提出的美国专利申请;

带有代理人卷号 No. 58,343 的题目为“三相电桥组件”，并且与此在相同日期提出的美国专利申请;

带有代理人卷号 No. 58,344 的题目为“具有内装测试的电动车辆推进系统电桥”，并且与此在相同日期提出的美国专利申请;

带有代理人卷号 No. 58,345 的题目为“用于测试电动车辆推进系统的电桥的方法”，并且与此在相同日期提出的美国专利申请;

带有代理人卷号 No. 58,346 的题目为“电动车辆配电组件”，并且与此在相同日期提出的美国专利申请;

带有代理人卷号 No. 58,347 的题目为“电动车辆底盘控制器”，并且与此在相同日期提出的美国专利申请;

带有代理人卷号 No. 58,348 的题目为“电动车辆系统控制装置外壳”，并且与此在相同日期提出的美国专利申请;

带有代理人卷号 No. 58,349 的题目为“用于电动车辆系统控制装置的低成本液冷外壳”，并且与此在相同日期提出的美国专利申请;

带有代理人卷号 No. 58,350 的题目为“电动车辆冷却剂泵组件”，并且与此在相同日期提出的美国专利申请;

带有代理人卷号 No. 58,351 的题目为“散热变压器线圈”，并且与此在相同日期提出的美国专利申请;

带有代理人卷号 No. 58,352 的题目为“电动车辆电池充电器”，并且与此在相同日期提出的美国专利申请;

本发明一般涉及电动车辆。更具体地说，本发明涉及用于电动车辆的具有集成测试和控制的数字脉冲宽度调制器。虽然本发明应用范围很广，但是它特别适合用于利用电池或电池组合及其它源，例如耦合到交流发电机的热机来作为电源的电动车辆，并且将就此作具体叙述。

对商业上富有生命力的电动车辆来说，其成本和性能应该与它的装有汽油发动机的对应车辆的成本和性能相竞争。典型地，车辆的推进系统和电池是对车辆成本和性能竞争性产生影响的主要因素。

通常，为了实现商业接受，电动车辆推进系统应该提供下列特点：(1)车辆性能与典型的装有汽油发动机的推进系统等效；(2)车辆推进的平滑控制；(3)再生制动；(4)高效率；(5)低成本；(6)自冷却；(7)电磁干扰(EMI)抑制；(8)故障探测和自保护；(9)自测试和诊断能力；(10)与外部系统的控制和状态接口；(11)安全操作和维修；(12)灵活电池充电能力；以及(13)由

主电池提供的辅助 12 伏电源。但是，在现有实际中，电动车辆推进系统设计主要包括使电动机和控制器与一组车辆性能目标相适应，结果通常为了允许实用的电动机和控制器设计而牺牲了性能。此外，对上述提高商业接受性的种种特点很少给予注意。

例如，一个典型的常规电动车辆推进系统包括一个直流电动机，一个斩波式电动机控制器，一个独立电池充电器，以及一组分布的控制和状态指示器。车辆性能一般不适合于公路驱动，加速不均匀，并且要求手动变速。另外，一般没有以综合方式强调批量生产成本，电磁干扰，故障探测，维修，控制和状态接口，以及安全性等问题。

有两种技术用于产生脉冲宽度调制(PWM)波形。最为常见的技术使用模拟元件，而另一种技术使用数字元件。在模拟系统中， PWM 波形由一个使用运算放大器和电压比较器来把三角参考电压信号的交叉点与所施加的控制电压波形相比较的模拟设计来产生。电压比较器输出产生的 PWM 波形。然后，一个异步空载时间电路用来在 PWM 信号与反相 PWM 信号的跃迁之间产生一个延迟。对三相系统要求三组同样的模拟电路。但是，例如由于温度变化，偏移及增益变化影响脉冲宽度，并且使通道到通道之间失配，导致电动机控制系统的动态范围减小，结果使模拟电路易于漂移。实现具有九位分辨能力的测试产生脉冲宽度所需要的内装测试(BIT)电路是不实际的。使用数字电路将会消除模拟设计例如由于温度变化和偏移而引起漂移的缺点。

可得到数字 PWM 波形产生，但是这也有限制。例如，在现有产生 PWM 波形的微控制器和数字处理器中，(1)使用锯齿参考波形而不是三角波形来产生 PWM 信号，(2) 处理器不包括同步空载时间发生，以及/或者(3)分辨能力取决于 PWM 频率，并且分辨能力随频率增加而减小。

有其它可独立应用的产生 PWM 波形的 PWM 集成电路，但是这些电路没有同步空载时间产生，基于三角的 PWM 产生，或用于内装测试的个别控制波形。并且，这些可独立应用的 PWM 集成电路不产生与三角波形的峰和/或谷相同步的输出脉冲。

鉴于以上所述，需要有一种电动车辆，它具有一个克服有关技术的缺点的脉冲宽度调制器。

因此，本发明的目的是提供一种用于电动车辆的具有集成测试和控制的数字脉冲宽度调制器，它能使用三角波形来产生 PWM 信号，使处理器能产生同步空载时间，能实现具有九位分辨能力的测试产生脉冲宽度所需要的内装测试电路，从而实现平滑的转矩控制和较高的效率。

本发明的特点和优点将在下列叙述中陈述，并且部分将从叙述中显而易见，或可由本发明的实践得知。本发明的目的和其它优点将由所写叙述和其权利要求及附图所具体指出的装置和方法而得到认识并实现。

如实施和概括所述那样，为了实现这些和其它优点，并且按照本发明的目的，本发明提供一种具有集成测试和控制的数字脉冲宽度调制电路,包括一个用于接收待调制的 N 位数字化输入信号的输入部分；一个 PWM 计数器，用于从零到一个数并返回到零连续计数，该 PWM 计数器产生一个具有 N 位分辨能力的数字化三角波形；一个比较装置，用于接收和比较数字化输入信号和数字化三角波形，以产生一个输出脉冲；一个空载时间发生装置，用于由比较装置所产生的输出脉冲来产生第一和第二脉冲，第一和第二脉冲各驱动开关电路中一个对应开关电路，第一和第二脉冲相互之间具有不同的跃迁时间；以及一个内装测试（BIT）电路，用于提供与 PWM 信号相对应的 BIT 输入信号，以检验包括一个来自驱动器的反馈回路的 PWM 电路的正确操作，BIT 输入信号提供各 PWM 信号的个别控制。

在另一方面，本发明还提供一种具有集成测试和控制的数字脉冲宽度调制（PWM）电路，用于产生脉冲以起动一个驱动器控制装置，以驱动一对用于一个电动机的开关电路，包括：一个输入部分，用于接收待调制的 N 位数字化输入信号；一个 PWM 计数器，用于从零到一个预定数并返回到零连续计数，该 PWM 计数器产生一个数字化三角波形，其具有与该预定数相对应的 N 位分辨能力；一个比较装置，用于接收和比较数字化输入信号和数字化三角波形，以产生一个输出脉冲；一个空载时间发生装置，用于从比较装置所产生的输出脉冲来产生第一脉冲和第

二脉冲，该第一和第二脉冲各驱动开关电路中一个对应开关电路，该第一和第二脉冲相互之间具有不同的跃迁时间；以及，一个禁止逻辑电路，与所述空载时间发生装置相连，用于防止三角波形的峰和谷所对应的输入信号值与三角波形相比较。

此外，本发明还提供一种具有集成测试和控制的数字脉冲宽度调制（PWM）电路，用于产生脉冲以起动一个驱动器控制装置，以驱动一对用于一个电动机的开关电路，包括：一个输入部分，用于接收待调制的N 位数字化输入信号；一个 PWM 计数器，用于从零到一个预定数并返回到零连续计数，该 PWM 计数器产生一个数字化三角波形，其具有与该预定数相对应的 N 位分辨能力；一个比较装置，用于接收和比较数字化输入信号和数字化三角波形，以产生一个输出脉冲；一个空载时间发生装置，用于从比较装置所产生的输出脉冲来产生第一脉冲和第二脉冲，该第一和第二脉冲各驱动开关电路中一个对应开关电路，该第一和第二脉冲相互之间具有不同的跃迁时间；一个逻辑电路，用于接收第一和第二脉冲，并且分别按照第一和第二输出脉冲来起动驱动器控制装置；以及一个测试控制装置，用于以测试信号来代替 PWM 电路的输入信号，以测试 PWM 电路，该测试控制装置把由 PWM 电路产生的与测试信号相对应的实际 PWM 输出脉冲与测试信号相对应的已知输出脉冲相比较。

将会理解上述一般叙述和下列详细叙述都是示范性和说明性的，并且是用来对本发明提供如权利要求那样的进一步说明。

包括附图是为了对本发明提供进一步理解，这些附图结合并构成本说明书的一部分，它们说明本发明的一个实施例，并且与叙述一起用作说明本发明的原理。

在附图中：

图 1 是按照本发明优选实施例的电动车辆推进系统的方块图；

图 2 是图 1 电动车辆推进系统的配电图；

图 3 是图 1 电动车辆推进系统的功能图;

图 4 是图 1 电动车辆推进系统的电动机控制器的功能图;

图 5A 是图 1 电动车辆推进系统的电动机的示意图;

图 5B 是图 1 电动车辆推进系统的解析器的示意图;

图 6 是图 4 电动机控制器的矢量控制板的示意图;

图 7 是按照本发明的数字脉冲宽度调制电路的示意图;

图 8 说明由图 7 数字脉冲宽度调制器所产生的空载时间波形; 以及

图 9 是图 7 数字脉冲宽度调制电路的详细电路图。

现在将详细参考本发明的本优选实施例, 其一例在附图中说明。

如图 1 所示, 提供一种电动车辆推进系统 10, 包括一个系统控制装置 12, 一个电动机组件 24, 一个冷却系统 32, 一个电池 40, 以及一个 DC/DC 转换器 38。系统控制装置 12 包括一个冷却板 14, 一个电池充电器 16, 一个电动机控制器 18, 一个配电组件 20, 以及一个底盘控制器 22。电动机组件 24 包括一个解析器 26, 一个电动机 28, 以及一个滤波器 30。冷却系统 32 包括一个油泵装置 34 和一个散热器/风扇 36。

图 2 是电动车辆推进系统 10 的配电图。如图 2 所示, 电池 40 用作电动车辆推进系统 10 的主电源。电池 40 例如包括一个密封铅酸电池, 一个单极锂金属硫化物电池, 一个双极锂金属硫化物电池, 或其它类似电池, 用于提供 320 伏输出。优选地, 电动推进系统 10 在一个宽电压范围, 例如 120 伏到 400 伏上工作, 以适应由于负载或放电度所引起的电池 40 的输出电压变化。但是, 电动车辆推进系统 10 优选地最优化为大约 320 伏额定电池电压。

配电组件 20 耦合到电池 40 的输出, 并且其中包括熔断器, 配线, 以及用来把电池 40 的 320 伏输出分配到电动车辆推进系统 10 的各种元件的连接器。例如, 配电组件 20 把电池 40 的 320 伏输出耦合到电动机控制器 18, DC/DC 转换器 38, 油泵装置 34, 以及电池充电器 16。配电组件 20 还把电池 40 的 320 伏输出分配到电动车辆推进系统 10 外部的各种车辆辅助设备。这些车辆辅助设备例如包括一个空气调节系统, 一个加热系统, 一个功率转向系统, 以及任何其它可能要求 320 伏电源的辅助设备。

如上所述, DC/DC 转换器 38 耦合到配电组件 20 的 320 伏输出, 它把

配电组件 20 的 320 伏输出转换为 12 伏。DC/DC 转换器 38 然后把它的 12 伏输出作为操作电源供给电池充电器 16，电动机控制器 18，底盘控制器 22，油泵装置 34，以及散热器/风扇 36。DC/DC 转换器 38 还把它的 12 伏输出作为操作电源供给电动车辆推进系统 10 外部的各种车辆辅助设备。这些车辆辅助设备例如包括车辆照明，音响系统，以及任何其它可能要求 12 伏电源的辅助设备。应该理解 DC/DC 转换器 38 消除了需要一个分开的 12 伏蓄电池。

如图 3 和图 4 所示，电动车辆推进系统 10 的元件通过各种数据总线相互连接。数据总线可以是如本领域已知的电式，光式或光电式。现在将参考图 3 和图 4 叙述电动车辆推进系统 10 的操作。

电池充电器 16 从电动机控制器 18 接收指令信号，并对其发送状态信号，以用来对电池 40 充电。电池充电器 16 从一个外部交流电源(未示出)提供一个受控电池充电电流。优选地，交流电流按照希望未来电力质量标准，以功率因数接近 1 和低谐波失真来抽出。此外，电池充电器 16 优选地设计为与标准接地故障电流断续器和通常在住宅位置所发现的单相电源相适应。

油泵装置 34 和散热器/风扇 36 也从电动机控制器 18 接收指令信号，并对其发送状态信号。如下将作更详细叙述，油泵装置 34 和散热器/风扇 36 是用于电动车辆推进系统 10 的闭环油冷却系统的一部分。

如图 5A 所示，电动机 28 为三相交流感应电动机，各相具有两个同样的电气隔离的绕组(对“A”相为绕组 A1 和 A2，对“B”相为绕组 B1 和 B2，以及对“C”相为绕组 C1 和 C2)，用于零速产生高转矩，以提供与常规气动发动机不相上下的性能。电动机 28 的转子(未示出)耦合到车辆转轴上。优选地，电动机 28 的各相中两个绕组大体上相互层压成一直线，并且电气同相，以便各绕组提供大约总相功率的一半。而且电动机 28 优选地完全密封，并且利用喷油冷却来从转子和端绕组直接散去热量，以增加可靠性。

解析器 26 在图 5B 说明，并且安排靠近电动机 28，以用来探测电动机轴的角位置，并且用来对电动机控制器 18 提供指示电动机轴的角位置的信号。连接到解析器的参考信号线 R_1 是用于提供指示电动机轴的角位置的正

或负参考值。来自解析器的 S_1 信号线提供关于电动机轴的角位置的正或负正弦值，以及来自解析器的 S_2 信号线提供关于电动机轴的角位置的正或负余弦值。

解析器 26 可以包括市场上可买到的解析器或其它本领域已知的解析器。用于解析器 26 的参考信号由电动机控制器 18 提供。

底盘控制器 22 和电动机控制器 18 从车辆通信总线接收信号。通常，如下将作更详细叙述，车辆通信总线用作与至底盘控制器 22 和电动机控制器 18 的各种车辆传感器和控制器相接口的通信通路。

底盘控制器 22 包括一个基于微处理器的数字和模拟电子系统，并且提供与车辆传感器和控制器以及与电动机控制器 18 相关的控制和状态。例如，底盘控制器 22 通过车辆通信总线连接到车辆钥匙开关，加速器，制动器，以及驱动选择开关。底盘控制器 22 从这些开关解释信号，以对电动机控制器 18 提供起动，驱动方式(例如前进，倒退，以及空挡)，电动机转矩，再生制动，关闭，以及内装测试(BIT)指令。优选地，底盘控制器 22 通过一个光耦合串行数据接口与电动机控制器 18 通信，并且从电动机控制器 18 接收所有送来指令的状态信号，以便检验底盘控制器 22，车辆及电动机控制器 18 之间的通信连接，以及检验车辆在正确操作。应该理解，因为底盘控制器 22 提供与车辆传感器和控制器以及与电动机控制器 18 相关的控制和状态，所以对具体车辆通过简单变更底盘控制器 22，就能把电动车辆推进系统 10 变更用于任意数目的不同车辆。

使用通过车辆通信总线而从位于配电组件 20 中的电池电流传感器所接收的信号，底盘控制器 22 还提供电池管理能力。底盘控制器 22 解释来自电池电流传感器的信号，对电动机控制器 18 提供充电指令，并且对车辆仪表板上的一个“加燃料”计量仪表发送充电状态值。底盘控制器 22 还通过车辆通信总线连接到包括里程表，速度表，照明，诊断和发射控制器的车辆控制器，以及连接到用于系统扩展的 RS-232 接口。如图 4 所示，电动机控制器 18 分别包括一个低压电源 42，一个输入滤波器和 DC 继电器控制装置 44，一个矢量控制板 46，以及第一和第二电桥及门驱动器 48 和 50。

低压电源 42 转换来自 DC/DC 转换器 38 的 12 伏输出，以把 + 5V，+ /− 15V，以及 + 20V 输出提供给输入滤波器和 DC 继电器控制装置 44，

矢量控制板 46，第一电桥 48，以及第二电桥 50．低压电源 42 可以包括如本领域已知的市场上买得到的电源。

输入滤波器和 DC 继电器控制装置 44 包括用来把配电组件 20 的 320 伏输出分别耦合到第一和第二电桥 48 和 50 的电连接。输入滤波器和 DC 继电器控制装置 44 包括 EMI 滤波，一个用来把配电组件 20 的 320 伏输出至第一和第二电桥 48 和 50 的耦合分别切断的继电器电路，以及各种包括电压传感电路和底盘接地故障电路的 BIT 电路。优选地，输入滤波器和 DC 继电器控制装置 44 从矢量控制板 46 接收控制信号，并对其发送状态信号，例如 BIT 信号。

第一和第二电桥 48 和 50 各分别包括绝缘栅双极晶体管(IGBT)开关电路及相关门驱动电路，以用来对电动机 28 的各绕组施加驱动电流。优选地，第一和第二电桥 48 和 50 各分别对电动机 28 的绕组提供一半电流，从而允许使用容易得到的低成本的 IGBT 开关电路。第一和第二电桥 48 和 50 分别从矢量控制板 46 接收控制信号，并对其发送状态信号，例如 BIT 信号。

矢量控制板 46 包括一个基于微处理器的数字和模拟电子系统。作为其主要功能，矢量控制板 46 从底盘控制器 22 接收驱动器起动的加速和制动请求。矢量控制板 46 然后分别从解析器 26 获得转子位置测量，以及从第一和第二电桥 48 和 50 获得电流测量，并且使用这些测量来产生脉冲宽度调制(PWM)电压波形，分别用于驱动第一和第二电桥 48 和 50，以在电动机 28 中产生希望的加速或制动作用。PWM 电压波形按照设计为结果引起要求转矩输出的控制程序来产生。如上所述，矢量控制板 46 还有控制输入滤波器和 DC 继电器控制装置 44，油泵装置 34，散热器/风扇 36，电池充电器 16，输入滤波器和 DC 继电器控制装置 44，内装测试电路，车辆通信，以及故障探测的功能。

如图 6 所示，矢量控制板 46 包括一个微控制器 100，一个数字信号处理器 200，一个数字门阵列 300，一个解析器接口 400，以及一个模拟接口 500．用于微控制器 100，数字信号处理器 200，以及数字门阵列 300 的时钟信号由振荡器 202 提供。

参考图 6，微控制器 100 例如包括从 Motorolla 68HC11 微控制器系列选择的一种微控制器，或其它本领域已知的类似装置。作为其主要功能，

微控制器 100 执行矢量控制板 46 的各种内务功能。例如，微控制器 100 通过一个光隔离器 102 从底盘控制器 22 接收电流指令， BIT 指令，转矩指令，以及方式指令，并对其发送状态信号，以与底盘控制器通信。微控制器 100 还通过数字门阵列 300 对数字信号处理器 200 提供转矩请求，以与数字信号处理器 200 通信，并且与数字门阵列 300 通信，以例如执行各种 BIT 和控制操作。优选地，微控制器 100 包括 RAM， ROM，及 EEPROM 的组合，以用来存储用于控制其操作的程序指令。选择地，可以在 EPROM 112 中存储部分或全部程序指令。

微控制器 100 还通过一个 A/D 转换器 110 从温度传感器接口 104， A/D BIT 电路 106，以及电压探测器接口 108 接收模拟输入信号。该 A/D 转换器 110 优选地为微控制器 100 的一部分。

来自温度传感器接口 104 的模拟输入信号包括由接近第一和第二电桥 48 和 50 的冷却板 14 上安排的温度传感器(未示出)所分别发送的温度信号。来自 A/D BIT 电路 106 的模拟输入信号包括用于测试 A/D 转换器 110 的电压测试信号。来自电压探测器接口 108 的模拟输入信号包括由位于输入滤波器和 DC 继电器控制装置 44 中的电压探测器(未示出)所发送的电压信号。

数字信号处理器 200 例如包括一个 Texas Instrument TMS320C50 数字信号处理器或其它本领域已知的类似装置。作为其主要功能，数字信号处理器 200 执行一个转矩控制程序，该程序存储在 EPROM 204 中，并且在起动电动车辆推进系统 10 时向下装载到位于数字信号处理器 200 中的 RAM。选择地，数字信号处理器 200 可以编程包括该转矩控制程序。

特别是，数字信号处理器 200 从解析器接口 400 接收数字化转子位置测量，从模拟接口 500 接收数字化电流测量，以及从微控制器 100 接收转矩指令，并且使用这些测量和指令来产生相电压信号。如下将作更详细说明，这些相电压信号供给数字门阵列 300，从而数字门阵列 300 以门驱动信号形式产生脉冲宽度调制(PWM)电压波形，以在电动机 28 中产生希望的加速或制动作用。相电压信号，并且因此 PWM 电压波形就按照设计为结果引起请求转矩输出的转矩控制程序来产生。

数字门阵列 300 例如包括一个现场可编程的门阵列或其它本领域已知

的类似装置。数字门阵列 300 通过一个光隔离器 304 产生并接收各种 PWM 信号，用于控制油泵装置 34 和电池充电器 16，以及产生并接收各种控制信号，用于控制散热器/风扇 36，位于输入滤波器和 DC 继电器控制装置 44 中的主继电器和预先充电/放电继电器(未示出)，以及一个也是位于输入滤波器和 DC 继电器控制装置 44 中的底盘故障探测装置。并且，数字门阵列 300 通过光隔离器驱动器 304 接收操作员起动的紧急停止信号。

数字门阵列 300 从数字信号处理器 200 接收相电压信号 Va， Vb 和 Vc 。相电压信号施加到一个具有集成测试和控制的数字脉冲宽度调制器，以便以门驱动信号的形式产生 PWM 电压波形，以分别用来驱动第一和第二电桥 48 和 50 。

图 7 表示具有本发明的集成测试和控制的数字脉冲宽度调制器的一个示范性实施例，该实施例由标号 1110 一般指示。数字脉冲宽度调制电路 1110 包括在数字门阵列 300 中(图 6)。

如图 7 所示，本发明的数字脉冲宽度调制器包括数字 PWM 1102，其包括输入寄存器 1112， 1114 和 1116，第二组寄存器 1118， 1120 和 1122，比较器 1124， 1126 和 1128， PWM 计数器 1138，以及 PWM 控制 1140； 空载时间发生装置 1104，其包括空载时间发生器 1130， 1132 和 1134； 门驱动起动逻辑 1136； BIT 测试能力输入 1142； 以及测试信号输入 1144 。图 7 还表示门驱动器 1146 和 1148，其接收 PWM 波形，以及一个数字化三角波形 1150，其从 PWM 计数器 1138 输出， PWM 计数器 1138 从 0 到 511 并然后返回到 0 计数。

本发明的脉冲宽度调制器包括一个输入部分，用于接收待调制的 N 位数字化输入信号。

参考图 7，电压参考信号 Va， Vb 和 Vc 施加到第一组输入寄存器 1112， 1114 和 1116 。电压参考信号优选地为 N = 9 位数字信号。来自第一组输入寄存器的电压参考信号如图 7 所示，与来自 PWM 计数器 1138 的端计数相同步地装载到第二组输入寄存器 1118， 1120 和 1122 中。两组输入寄存器优选地为 9 位寄存器。

本发明的脉冲宽度调制电路包括一个从零到预定数并返回到零连续计数的 PWM 计数器。该 PWM 计数器产生一个与预定数相对应具有 N 位分

辨能力的数字化三角波形.

参考图 7， PWM 计数器 1138 输出一个端计数器(TC), 以在 PWM 控制 1140 控制下把数字电压参考信号同步装载到寄存器 1118， 1120 和 1122 中。 PWM 计数器 1138 从 0 到 511(9 位分辨能力)并返回到 0 连续计数, 以产生一个数字三角波形(其如标号 1150 所示)。

本发明的脉冲宽度调制器包括一个比较装置，用于接收数字化输入信号，并且把数字化输入信号与数字化三角波形相比较，有产生一个 PWM 输出脉冲。

参考图 7，比较装置包括比较器 1124， 1126 和 1128 。比较器 1124，1126 和 1128 分别把来自寄存器 1118， 1120 和 1122 的数字化电压参考信号与来自 PWM 计数器 1138 的数字化三角波形 1150 相比较。如果我们考虑比较器 1124 和第一电压参考信号 Va，则比较器 1124 把从输入寄存器 1118 装载的电压参考信号 Va 与来自 PWM 计数器 1138 的从 1 到 510(或从 510 到 0)的各顺序计数相比较。例如，比较器 1124 把装载的参考信号 Va 与从 1， 2， 3， 4 等开始到 510(或 510， 509， 508 等到 1)的 PWM 计数相比较。当装载的参考信号大于 PWM 计数时，那么输出 PWM 脉冲例如为逻辑低状态。当装载的参考信号小于或等于 PWM 计数时，那么输出 PWM 脉冲例如为逻辑高状态。

输入寄存器可以在用于比较和产生脉冲宽度的 9 位计数器从小到大计数或从大到下计数之前装载。电压参考信号可以按两种方法中之一装载。按第一种方法，电压参考信号对从 0 到 511 或从 511 到 0 的每个计数装载。换句话说，如果从 0 到 511 并返回到 0 的一个计数被认为是三角波形的一个周期，那么电压参考信号对各半周期装载一次(或对一个全周期装载两次)。按第二种方法，电压参考信号对一个全周期装载一次。第一种方法将有较小的谐波失真和较平滑的电动机控制，而第二种方法将在脉冲宽度更新之间允许有更多的处理时间。

但是，比较器不把装载的参考信号与谷计数 0(9 位全部为 0)或峰计数 511(9 位全部为 1)相比较，从而防止过调制。过调制发生在输入寄存器值(装载的参考信号)与三角波形的峰和谷所对应的寄存器值相同之时。脉冲宽度调制电路按一个计数来更改输入信号值，以防止峰(511)和谷(0)计数与三角

波形比较。 PWM 电路的这个设计卸载了一个例如处理器的控制器，其要不然就必须在各输入信号产生时花费时间来检查各输入信号值。

PWM 计数器由 PWM 控制器 1140 控制。 PWM 控制器 1140 例如在计数的峰(511)和谷(0)对输入寄存器 1118， 1120 和 1122 提供同步脉冲(TC)，以把下一个信号(根据使用如上所述的方法)装载到模拟－数字(A/D)转换器(504a， 504b， 504c 及 504d)，以通过电动机控制器 18(图 1)的矢量控制板 46(图 4)的模拟接口 500(图 6)用来抽样电动机 28 中的电流，并且装载到矢量控制板 46(图 6)的数字信号处理器(DSP)200。 DSP 200 与来自 PWM 控制 1140 的同步脉冲相同步地接收抽样电流，并且起动一个算法，以通过微控制器 100 提供与车辆操作员的请求相对应的正确转矩。因此，PWM 控制 1140 使用 PWM 计数器 1138 的峰和/或谷而使矢量控制板中各种装置相同步。因为例如在计数 0 和 511，电动机控制器 18 中的开关暂态将不污浊模拟接口 500 中模拟－数字抽样，所以计数的峰(511)和谷(0)用于同步。

因此， PWM 电路的 PWM 控制 1140 设计为强制产生脉冲，这些脉冲用来起动模拟－数字抽样，以与三角波形的峰和/或谷相同步。因此，计数 0 和 511 不于电压参考信号 Va， Vb 和 Vc 相比较。

脉冲宽度调制电路包括一个空载时间发生装置 1104，用来由比较装置所产生的输出脉冲产生第一和第二脉冲。第一和第二脉冲各驱动对应一个开关电路，并且第一和第二脉冲相互之间具有不同的跃迁时间。第一脉冲具有第一延迟，并且第二脉冲具有第二延迟，它们与比较装置的输出脉冲相同步。

参考图 7，空载时间发生装置 1104 包括空载时间发生器 1130， 1132 和 1134，各从比较器 1124， 1126 和 1128 接收一个对应 PWM 输出脉冲。空载时间发生装置 1104 从各对应 PWM 输出脉冲产生一个上脉冲和一个下脉冲。上脉冲与用于驱动一对包括绝缘栅双极晶体管(IGBTs)的开关装置中一个的门驱动器相对应。下脉冲与用于驱动该对开关装置中另一个的门驱动器相对应。例如，考虑一对向电动机 28(图 5A)传送强功率的开关装置。在这种情况下，一个上和下脉冲对驱动连接到并对应于电动机 28 的各端 A1， A2， B1， B2， C1 和 C2 的 IGBT 对。因此，各端有两个开关装

置，功率从这两个开关装置传送。在上与下脉冲之间需要一个空载时间延迟，因为如果无延迟引入，一端的两个开关装置可能起动(闭合)以产生短路。因此，应该在上和下脉冲中与PWM输出脉冲相同步地引入适当延迟。延迟开始总是与发生比较器输出跃迁相同步，并且这个同步延迟允许PWM信号保持9位分辨能力。

空载时间延迟由空载时间发生装置1104产生，并且如下将参考图8说明。当输出PWM脉冲由比较装置产生时，空载时间发生装置1104产生一个上脉冲和一个下脉冲，如图 8 所示。为了允许足够时间使各对应开关断开和闭合，引入一个空载时间延迟。例如，当上脉冲从逻辑1跃迁为逻辑0以断开其对应开关时，低脉冲在从逻辑0跃迁为逻辑1以闭合其对应开关之前，必须等待足够长持续时间以使该开关断开。在这个状态下，当上脉冲需要从逻辑0跃迁为逻辑1以闭合其对应开关时，在上脉冲可以跃迁为逻辑 1 并闭合其开关之前，上脉冲必须等待足够长持续时间，以使低脉冲从逻辑1跃迁为逻辑0，以便断开其对应开关。为了保证一个开关在另一个开关闭合之前为断开，需要引入延迟。如图 8 所示，空载时间发生装置1104提供这样的保证。

并且，数字PWM 1102优选地在接近8kHz频率处操作，以及空载时间发生装置1104产生一个接近3微秒的延迟。

本发明的脉冲宽度调制电路还包括一个逻辑电路，用于接收第一(上)和第二(下)脉冲，并且分别按照第一和第二脉冲起动驱动器控制装置。

参考图7和图9，空载时间发生器1130， 1132和1134把各电压参考信号Va， Vb和Vc的上和下脉冲发送到门驱动起动逻辑电路1136，其包括禁止逻辑电路1135和组合逻辑电路1136a， 1136b， 1136c， 1136d， 1136e， 1136f．门驱动起动逻辑电路1136优选地是一个组合逻辑电路，其对与各电压参考信号相对应的上和下脉冲产生正确的门驱动信号。特别是，逻辑电路1136对相同的上和下脉冲提供重复的门驱动信号。前面的门驱动信号对应电动机28(图5A)的第一组绕组(A1， B1和C1)，而后面的门驱动信号(重复)对应电动机28的第二组绕组(A2， B2和C2)，这里A1和A2绕组相对于相A， B1和B2绕组相对于相B，以及C1和C2绕组相对于相C．因此，从门驱动起动逻辑电路1136输出六条线(对应A1上和下，

B1 上和下，以及 C1 上和下)到门驱动器 1146，并且另外六条线(对应 A2 上和下，B2 上和下，以及 C2 上和下)输出到门驱动器 1148。

本发明的脉冲宽度调制电路包括一个内装测试(BIT)电路，用于提供与第一(上)和第二(下)脉冲相对应的 BIT 输入信号，以检验包括来自驱动器控制装置的反馈回路的 PWM 电路的正确操作，驱动器控制装置比 PWM 电路具有较高的集成度。BIT 输入信号提供各 PWM 信号的个别控制。

参考图 7，内装测试电路包括门驱动起动逻辑 1136，测试信号输入 1144，以及 BIT 输入 1142。该 BIT 电路检验较高集成度的例如电动机控制器 18 的正确操作。例如，参考图 8，微控制器 100(图 6)可以通过对 BIT 输入 1142 写数，并且由空载时间发生器来禁止 PWM 输出脉冲，以控制各输出的状态。这一点在图 9 中更详细表示。

参考图 9，BIT 输入 1142 分为两组，BIT 输入 1142a 和 1142b。BIT 输入 1142a 和 1142b 分别与以上参考图 5A 说明的每相两个同样的电气隔离的绕组相对应(对“A”相为绕组 A1 和 A2，对“B”相为绕组 B1 和 B2，以及对“C”相为绕组 C1 和 C2)。BIT 输入 1142a 包括相对于 A1U，A1L，B1U，B1L，C1U，C1L 的位测试输入(“U”对应于来自空载时间发生装置的上脉冲，以及“L”对应于来自空载时间发生装置的下脉冲)。类似地，BIT 输入 1142b 包括相对于 A2U，A2L，B2U，B2L，C2U，C2L 的位测试输入。BIT 输入 1142a 和 1142b 包括一个电源复位输入(POWER RST)，其在系统电源复位期间用于复位目的。BIT 输入 1142a 还包括 PWM 禁止输入，其在 BIT 输入测试期间通过一个起动/禁止装置 1135(该装置为门驱动起动逻辑 1136 的一部分)来禁止来自空载时间发生装置 1104 的信号。因此，信号 VA1U，VA1L，VB1U，VB1L，VC1U 和 VC1L 被禁止，并且来自 BIT 输入 1142a 和 1142b 的测试输入信号施加到组合逻辑电路 1136a，1136b，1136c，1136d，1136e 和 1136f。这些组合逻辑电路能使用来自微控制器 100 的 GLOBAL RESET 信号全部复位。

除测试较高程度集成的正确操作外，包括数字 PWM 1102，空载时间发生装置 1104 和门驱动起动逻辑 1136 的整个 PWM 电路能对所有九位脉冲宽度分辨能力进行测试。例如，参考图 7 和图 9，数字信号处理器 200

提供测试输入信号 TVa， TVb 和 TVc 以代替电压参考信号 Va， Vb 和 Vc。测试输入信号包括九位的各步(0 到 511)。PWM 电路用测试输入信号执行与参考电压参考信号 Va， Vb 和 Vc 所讨论的相同操作，以从空载时间发生装置 1104 产生上和下脉冲。与测试输入信号相对应的上和下脉冲施加到门驱动起动逻辑 1136，并且其后施加到门驱动器 1146 和 1148(BIT 输入 1142 在这个测试顺序中不起作用)。门驱动器 1146 和 1148 把对应驱动信号反馈到测试信号输入 1144。驱动信号与具体测试输入信号所对应的已知值相比较。因此，能测试从 0 到 511 的九位测试输入信号的各步。

独立 PWM 电路 1102，包括 BIT 输入 1142 和测试信号输入 1144 的 BIT 电路，以及控制电路组装在一个与数字信号处理器 200 和微控制器 100 相接口的数字逻辑阵列 300 中(见图 6)。

由空载时间发生装置 1104 所产生的延迟与 PWM 输出脉冲相同步。周期数字三角波形可编程，过调制得到防止，以及同步抽样信号得以产生并可编程调节。

本发明就产生脉冲宽度调制验明若干特点，包括：(1)全部数字实现，以支持如 DSP200 的接口电路，微控制器 100 和其它数字元件，以解决模拟元件中的缺点，(2)高分辨能力， 9 位， PWM 功能三者实现三相电动机控制器中的控制，这样减小电流波动，允许较平滑转矩控制和较好效率，(3)同步空载时间发生器在 9 位系统中保持 9 位分辨能力，(4)内装测试使用各 PWM 信号的个别控制及一个检验信号电平的反馈回路，来检验 PWM 设计的功能度及下一个较高集成度的功能度，(6)产生与三角波形的峰和谷相同步，并且与峰之间或与峰和谷两者之间可编程选择同步的抽样脉冲，以及(7)防止过调制。

空载时间发生装置 1104 中的电路实现用来对控制器功率输出级中开关装置进行控制的信号之间的同步空载时间延迟。两个 PWM 信号(上和下)由空载时间电路产生(图 8)，并且在下和上信号之间产生延迟。延迟开始总是与发生比较器输出跃迁相同步。这个同步延迟允许 PWM 信号保持全 N(= 9)位分辨能力。

内装测试电路允许各输出的状态由至测试寄存器的配线来控制。这用来独立地测试控制器的下一个较高组件的部分。通过反馈 PWM 门驱动信

号来使用测试输入，以检验数字电路对已知的输入寄存器值正在产生正确脉冲。各位分辨能力可以由指定适当输入值来加以测试。

对本领域技术人员将显而易见，在不违反本发明的精神或范围下，可以对本发明具有集成测试和控制的数字脉冲宽度调制器进行各种更改和变更。因此本发明意欲覆盖此发明的种种更改和变更，只要它们在附加权利要求及其等效范围之内。

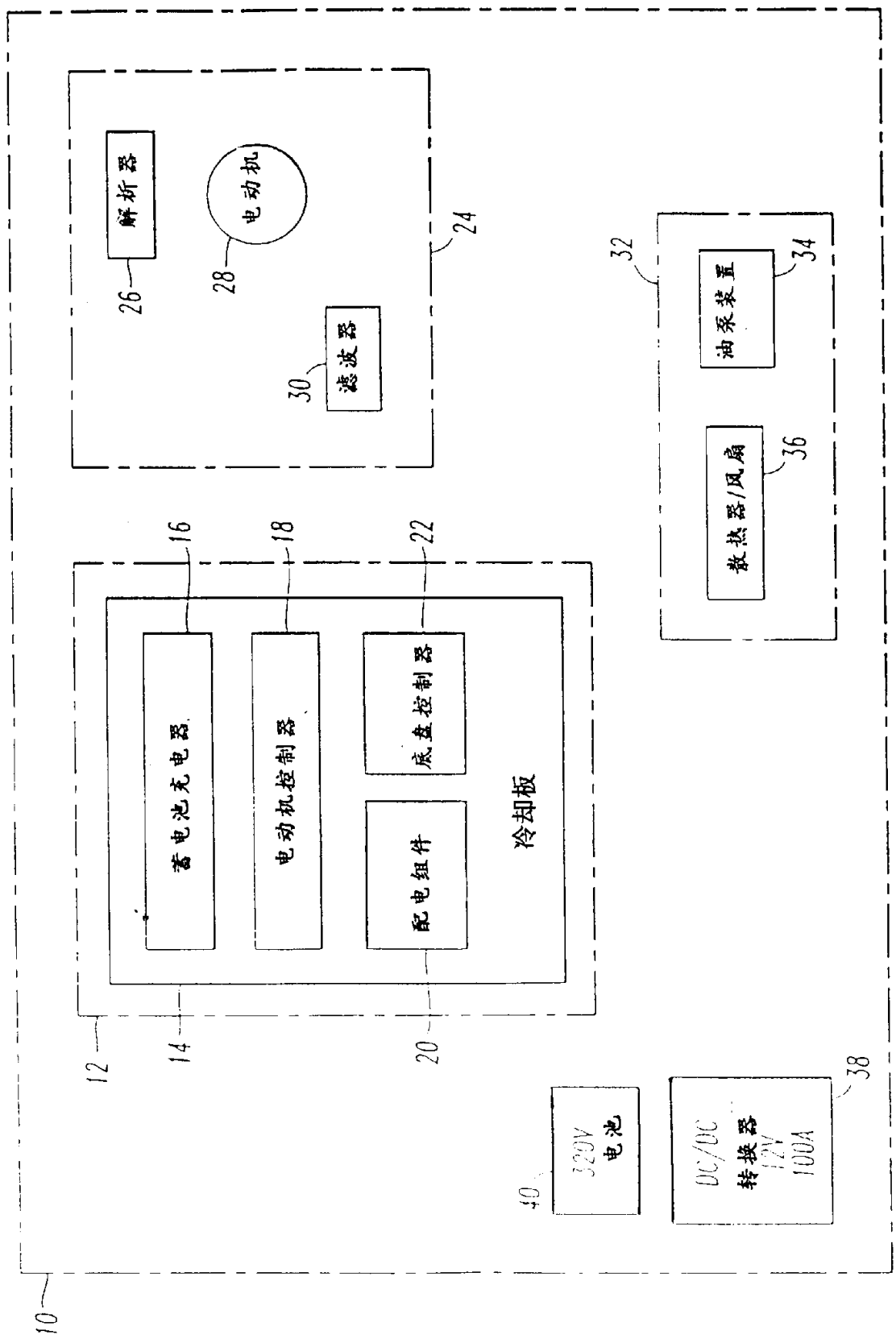

解析器
电动机
26
28
24
30
滤波器
32
油泵装置
34
散热器/风扇
36
16
18
22
蓄电池充电器
电动机控制器
底盘控制器
配电组件
冷却板
12
14
20
320V
电池
40
DC/DC
转换器
12V
100A
38
10

图 1

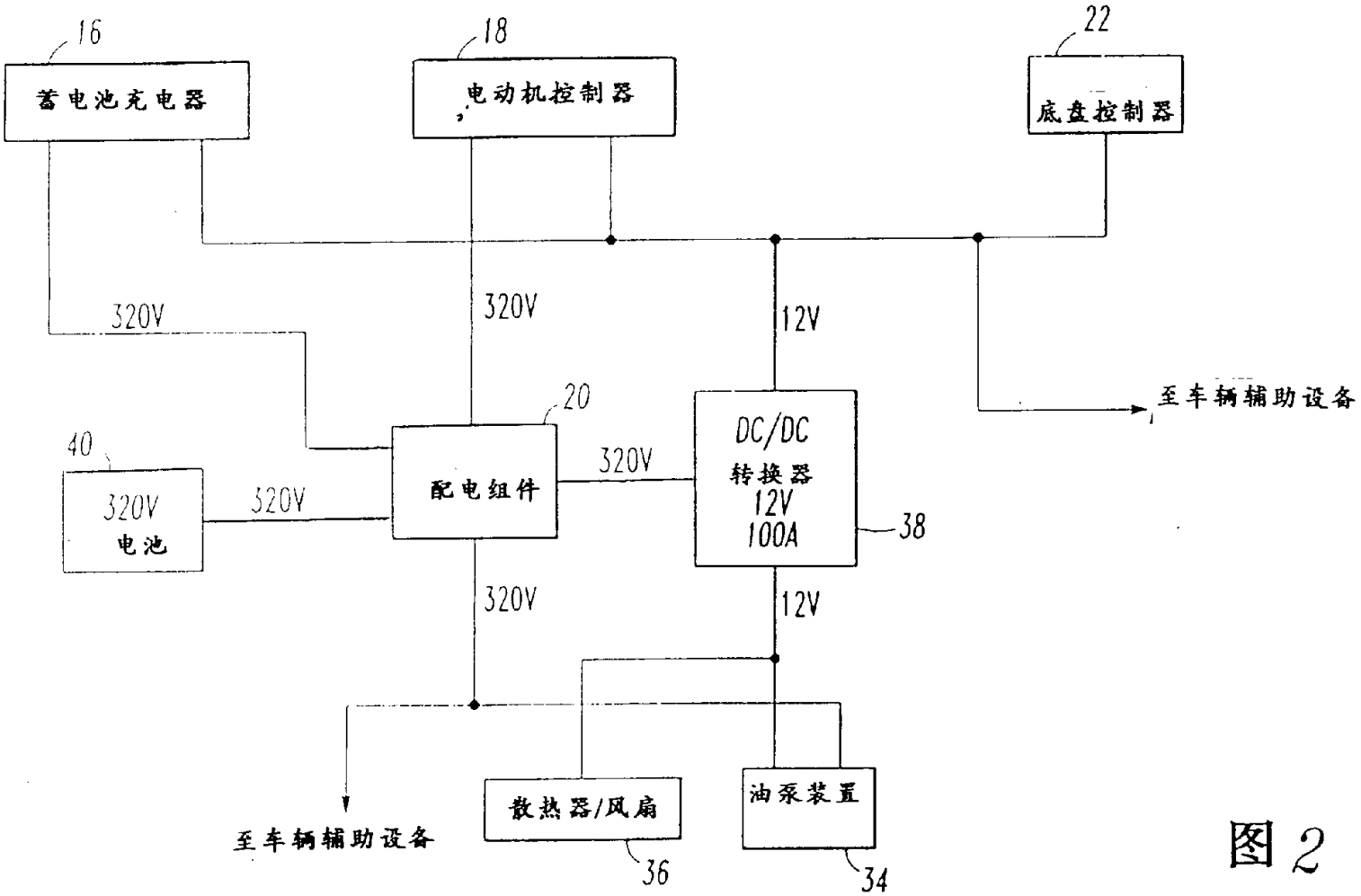

16
蓄电池充电器
18
电动机控制器
22
底盘控制器
320V
320V
12V
至车辆辅助设备
20
40
320V
电池
320V
配电组件
320V
DC/DC
转换器
12V
100A
38
320V
12V
至车辆辅助设备
散热器/风扇
36
油泵装置
34

图 2

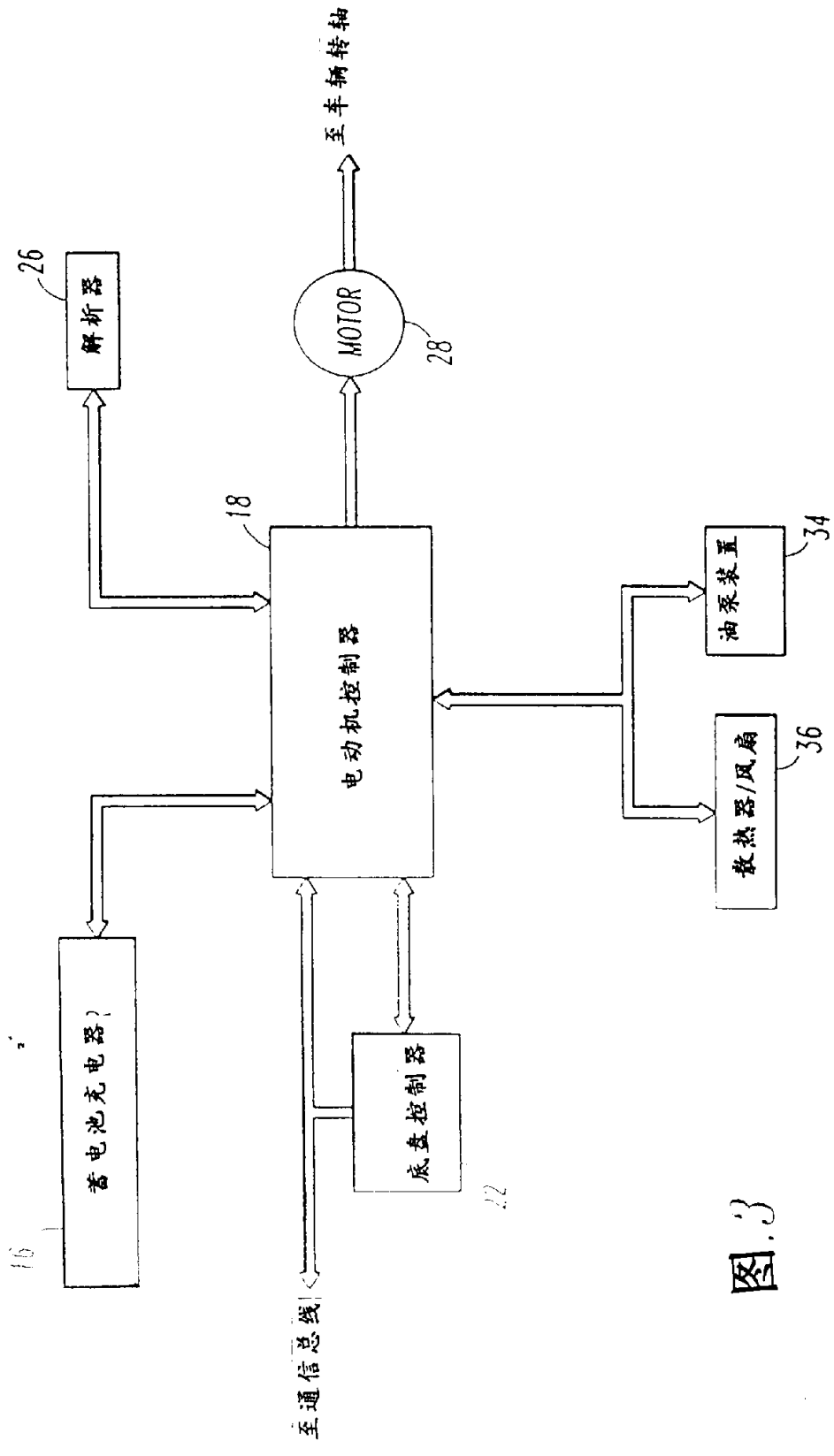

至通信总线
蓄电池充电器
16
底盘控制器
22
电动机控制器
18
解析器
26
MOTOR
28
至车辆转轴
油泵装置
34
散热器/风扇
36

图.3

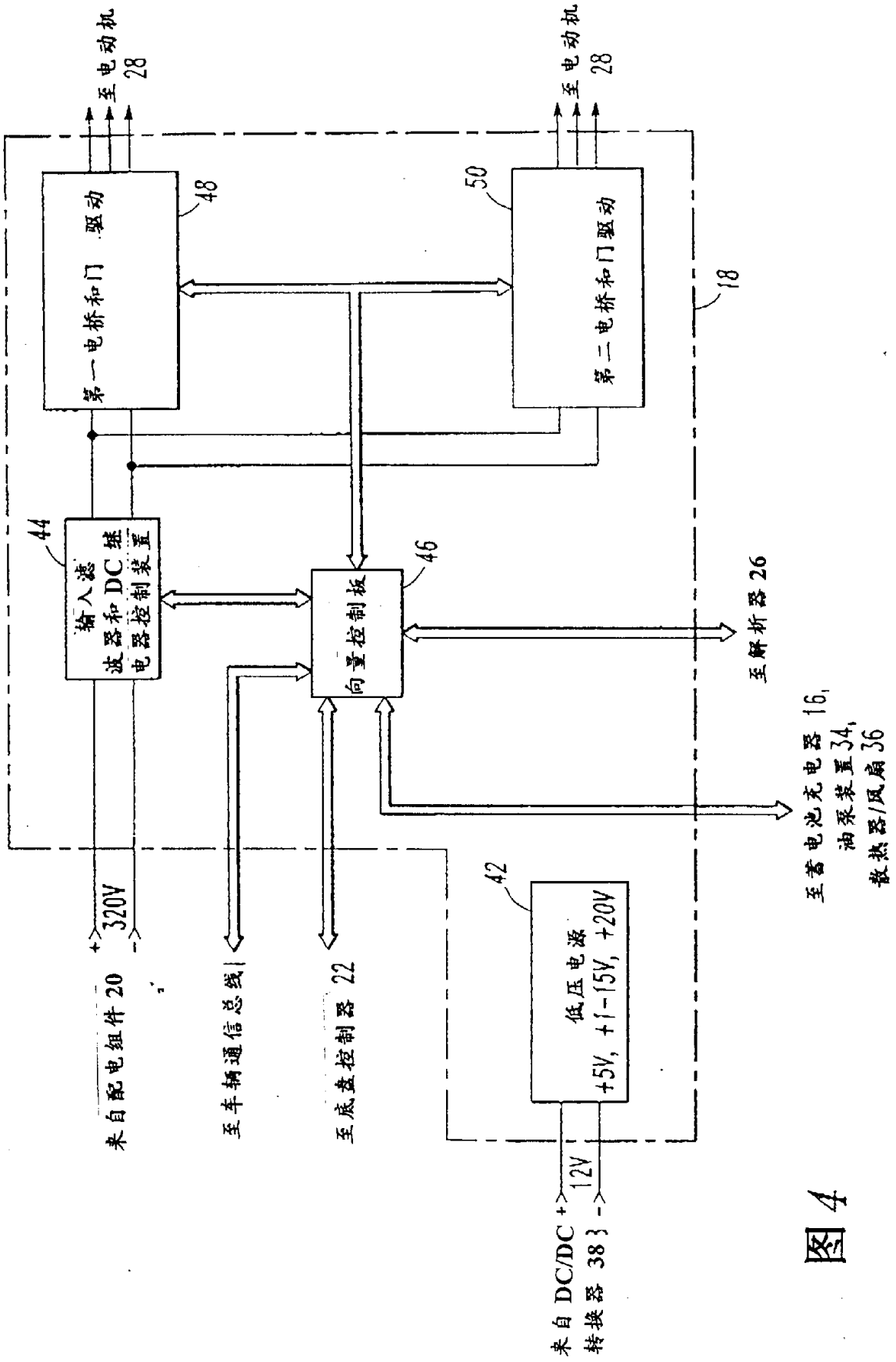
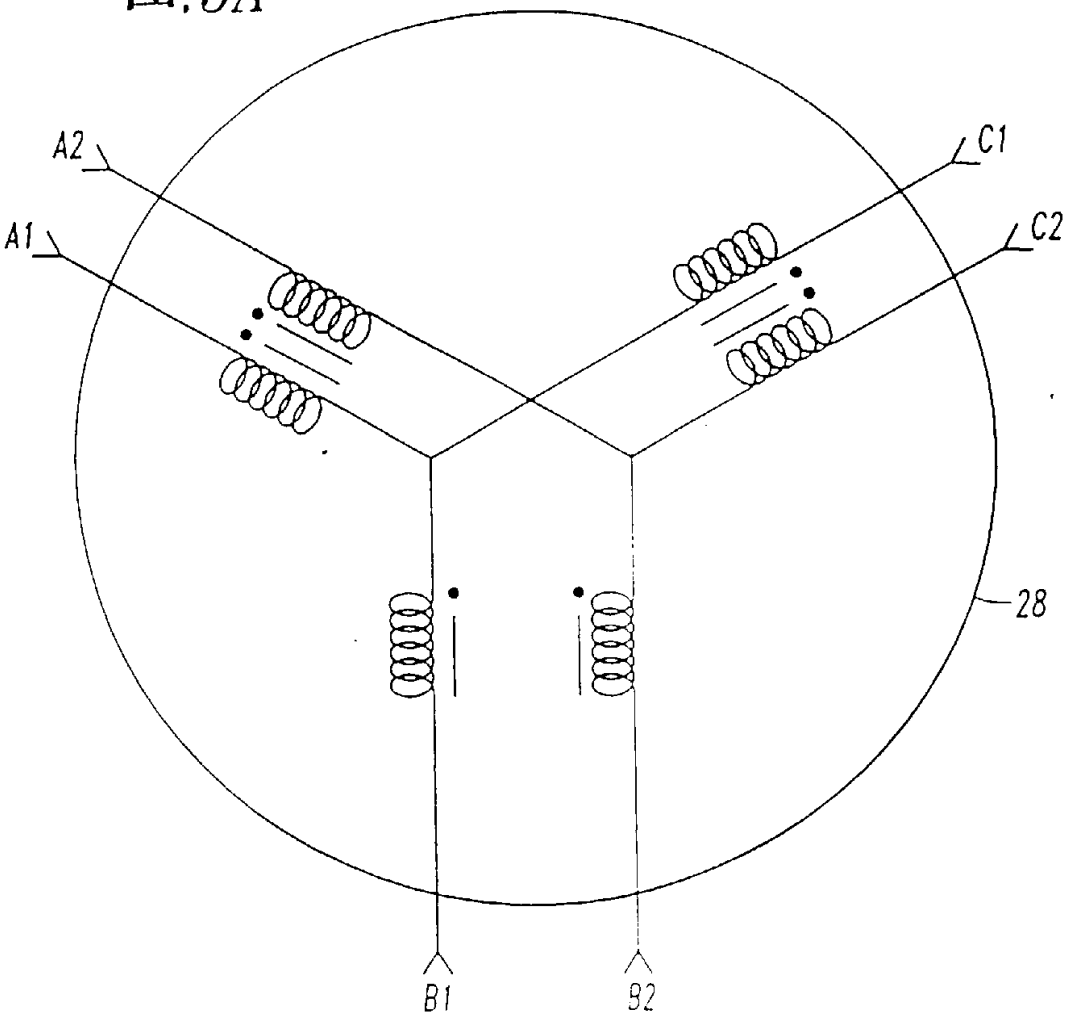

至电动机
28
第一电桥和门 驱动
48
第二电桥和门驱动
50
18
输入滤
波器和 DC 继
电器控制装置
44
向量控制板
46
至解析器 26
至蓄电池充电器 16,
油泵装置34,
散热器/风扇 36
320V
来自配电组件 20
至车辆通信总线
至底盘控制器 22
42
低压电源
+5V, +1-15V, +20V
12V
来自 DC/DC
转换器 383

图 4

图.5A



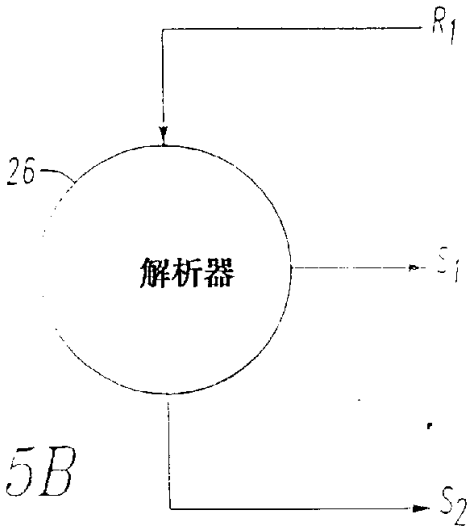


图.5B

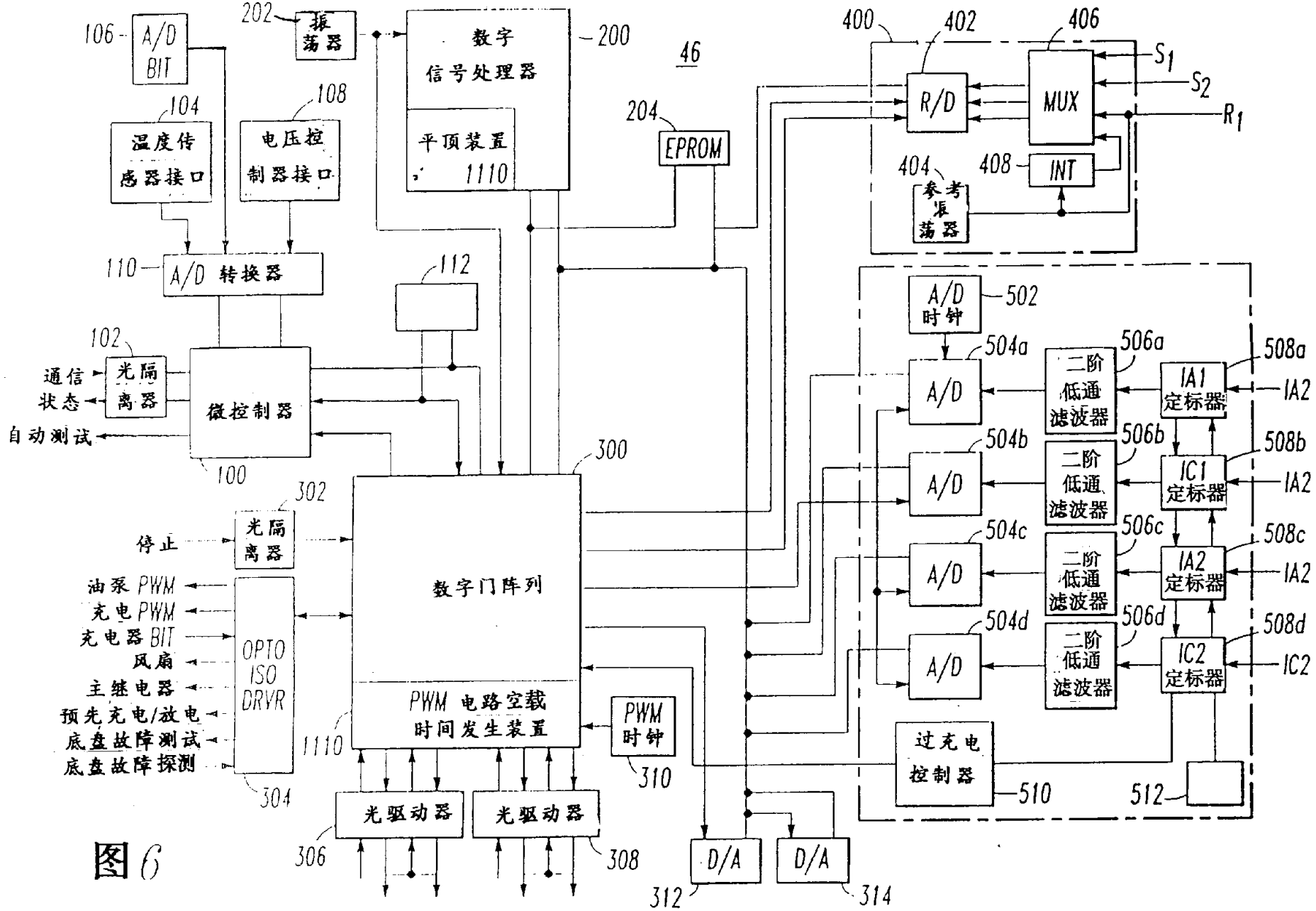

106
A/D BIT
202
振荡器
数字信号处理器
200
46
400
402
406
R/D
MUX
S1
S2
R1
204
EPROM
平顶装置 1110
404
参考振荡器
408
INT
104
温度传感器接口
108
电压控制器接口
110
A/D 转换器
112
102
通信
状态
自动测试
光隔离器
微控制器
100
300
302
停止
光隔离器
油泵 PWM
充电 PWM
充电器 BIT
风扇
主继电器
预先充电/放电
底盘故障测试
底盘故障探测
OPTO ISO DRVR
304
数字门阵列
PWM 电路空载时间发生装置
1110
PWM 时钟
310
光驱动器
306
光驱动器
308
D/A
312
D/A
314
A/D 时钟
502
504a
A/D
504b
A/D
504c
A/D
504d
A/D
506a
二阶低通滤波器
506b
二阶低通滤波器
506c
二阶低通滤波器
506d
二阶低通滤波器
508a
IA1 定标器
IA2
508b
IC1 定标器
IA2
508c
IA2 定标器
IA2
508d
IC2 定标器
IC2
过充电控制器
510
512

图 6

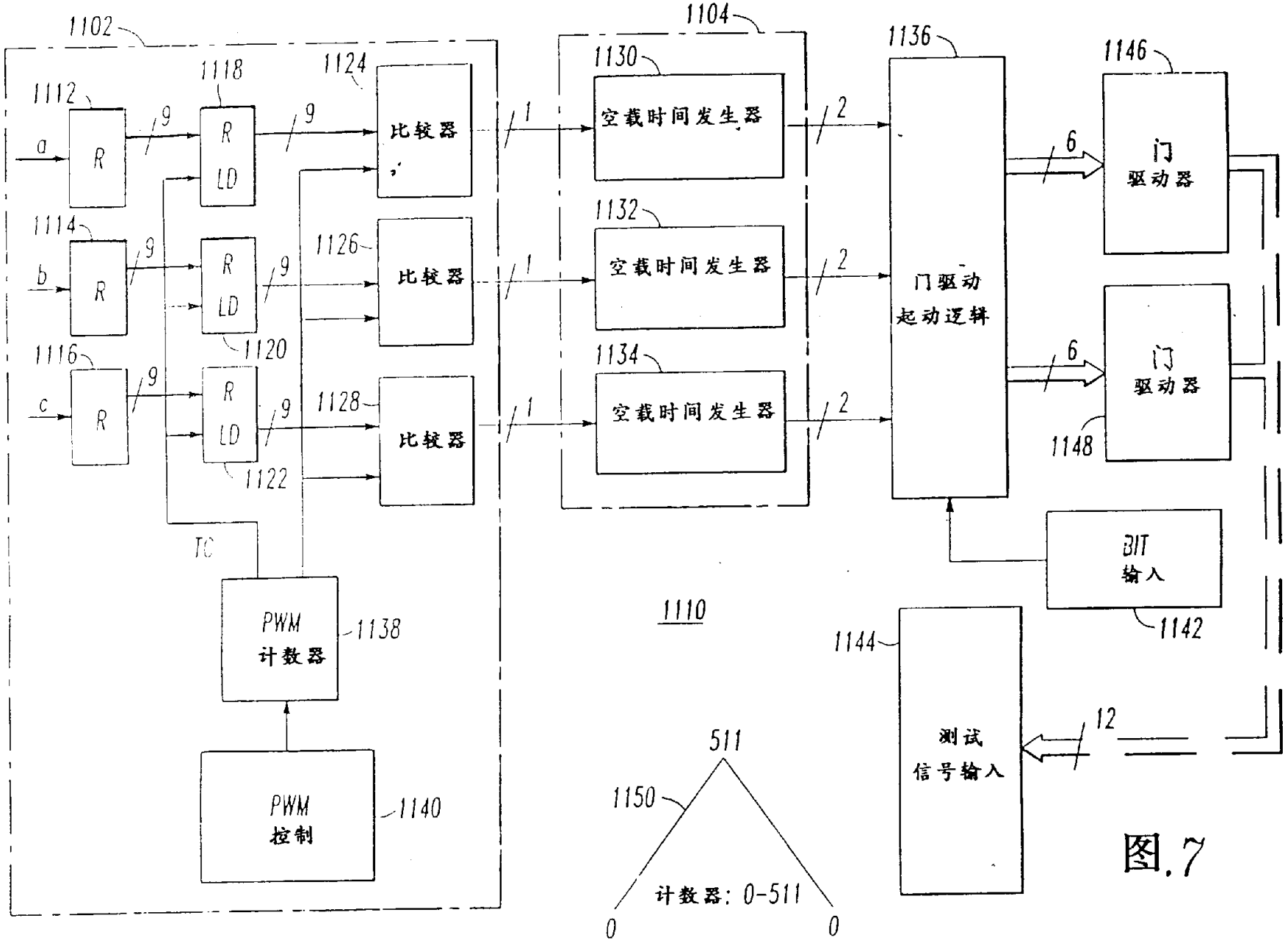

1102
1104
1110
1112
1114
1116
1118
1120
1122
1124
1126
1128
1130
1132
1134
1136
1138
1140
1142
1144
1146
1148
1150
a
b
c
R
LD
9
1
2
6
12
比较器
空载时间发生器
门驱动起动逻辑
门驱动器
BIT输入
测试信号输入
PWM计数器
PWM控制
TC
511
计数器: 0-511
0
0

图.7

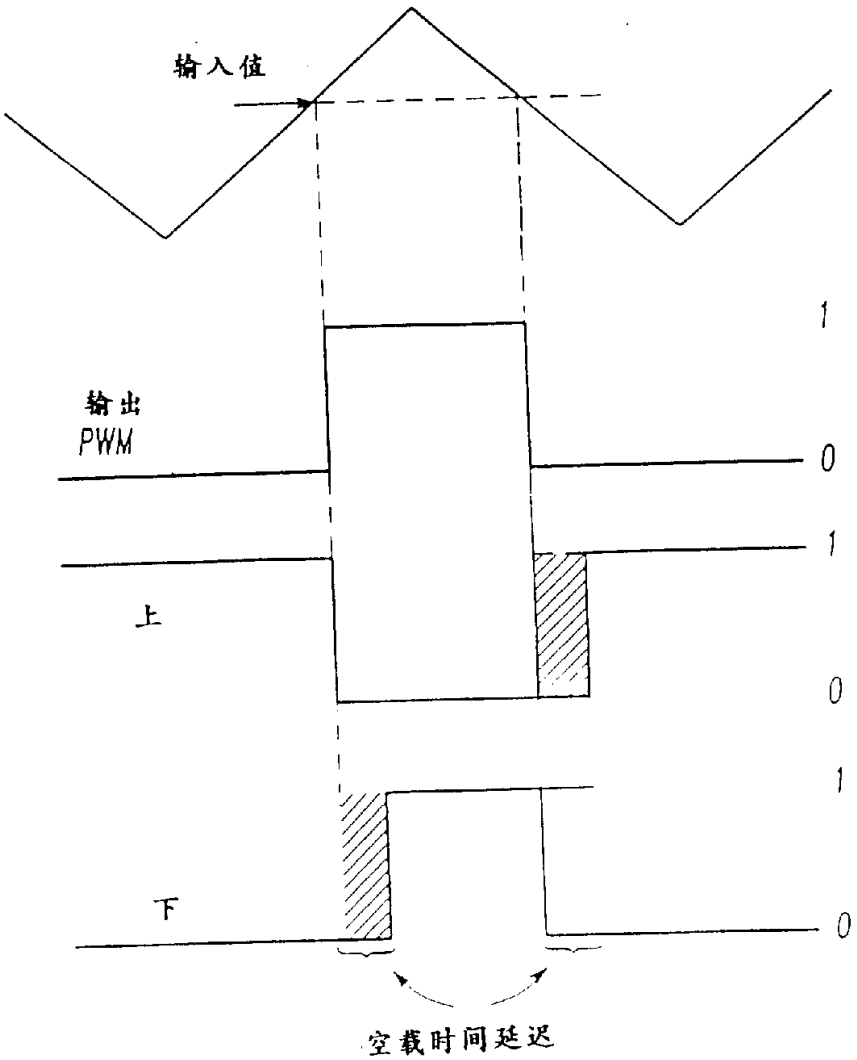


图 8

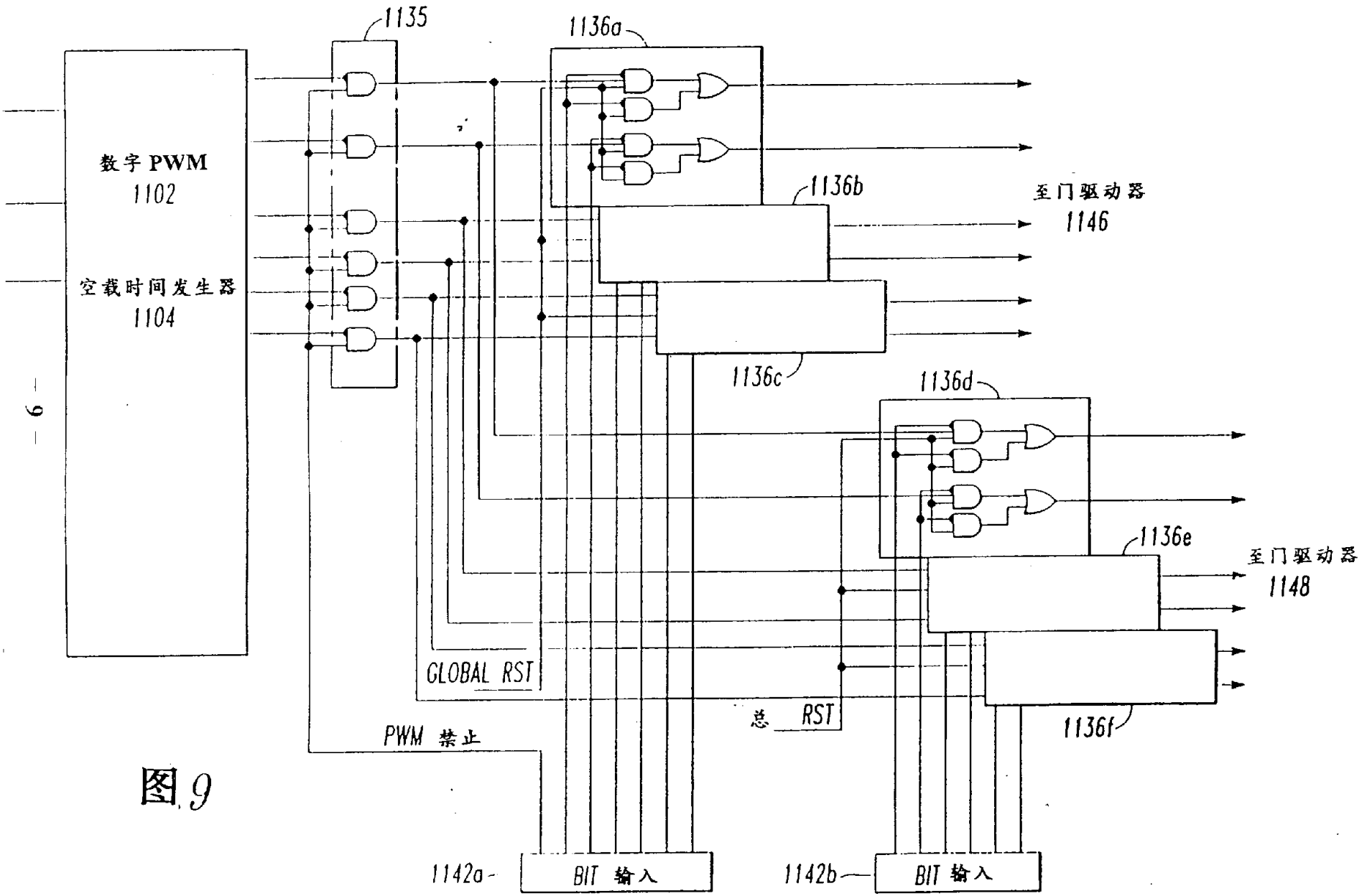

数字 PWM
1102
空载时间发生器
1104
1135
1136a
1136b
1136c
1136d
1136e
1136f
至门驱动器
1146
至门驱动器
1148
GLOBAL RST
总 RST
PWM 禁止
1142a
BIT 输入
1142b
BIT 输入

图 9