

# AN10898

## LPC1700 无刷直流电机控制

01版-2010年1月5日

应用规格书

### 文档信息

信息	内容
关键字	LPC1700, BLDC, 电机控制, QEI, MCPWM, CMSIS
摘要	本应用规格书描述了采用专用于电机控制的PWM在LPC1700中实现无刷直流电机控制的方法。

修订历史

版本	日期	描述
01	2009年10月01日	初版。

联系信息

欲了解更多信息，请登录访问: <http://www.nxp.com>

关于销售办事处地址，请发送电子邮件至: [salesaddresses@nxp.com](mailto:salesaddresses@nxp.com)

1. 简介

目前无刷直流（BLDC）电机得到了迅速的普及。与常规有刷直流电机相比，这种电机能提供更长的使用寿命，同时减少维护。这种电机比传统的有刷直流电机和感应电机有更多的优势，具备更好的速度与转矩特性、无噪声工作以及更宽的速度范围。此外，在产生相同转矩时可以把电机做得更小，所以在对体积和重量要求比较苛刻的场合更加实用。

本应用规格书描述了在LPC1700系列产品中实现六步换相的无刷直流电机控制方法。LPC1700配备了专用电机控制PWM模块，从而降低了电机控制过程中对CPU的使用率，同时还缩短了开发时间。此外，本应用规格书还可作为电机控制系统开发人员采用LPC1700系列微控制器的参考。

应用规格书AN10661“采用LPC2141实现无刷直流电机控制”可用作本应用规格书的参考资料，该应用规格书可从以下网站下载：<http://www.nxp.com/>。

本文参考了LPC1700用户手册，因此请先准备好LPC1700用户手册（UM10360）。与 AN10661 应用规格书中所述系统一样，本应用规格书描述了一个完整的电机控制系统解决方案，不仅描述了恩智浦微控制器的使用，而且还描述了 NXP MOSFET 驱动电路和 MOSFET 的使用。

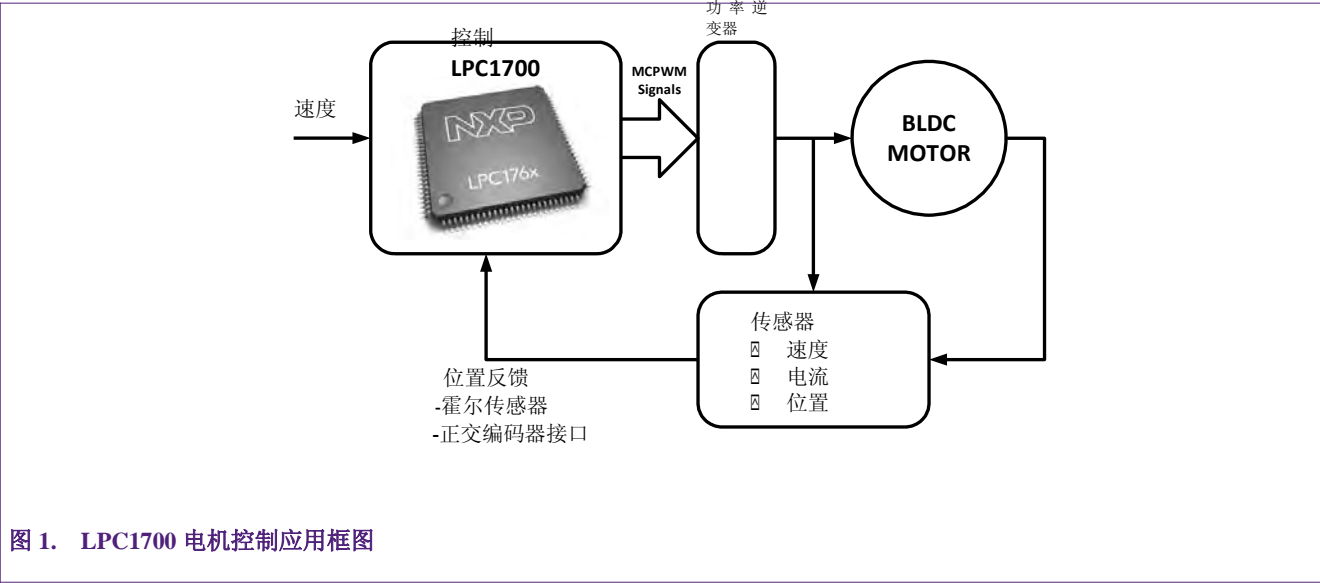


图 1显示了一个电机控制框图，此框图适合于多种应用，包括空调、电动泵、风机、打印机、机器人、电动自行车、食品加工机、搅拌机、真空吸尘器、牙刷、剃刀、咖啡磨豆机等。

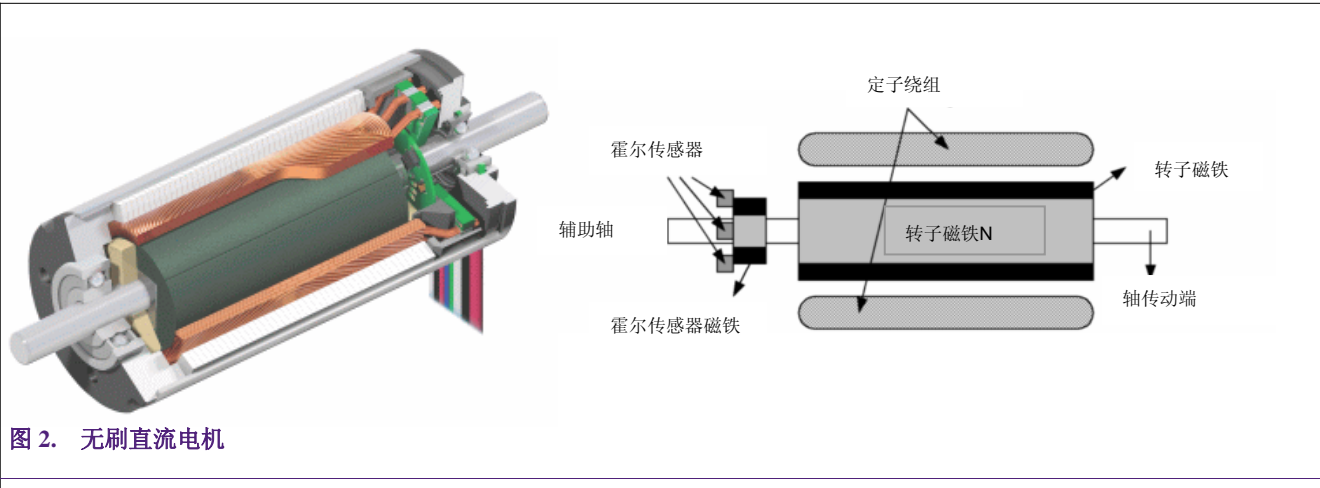
2. 无刷直流电机基本原理

2.1 无刷直流电机

无刷直流电动机由永磁转子和三相绕组线圈（定子）组成。顾名思义，无刷直流电动机不使用电刷换相，而是采用电子换相。通常，3个霍尔传感器（图2）用来检测转子位置，通过检测这些传感器的不同输入信号来换相。

在无刷直流电机中，电磁铁不动，而是永磁体旋转，三相定子绕组保持静止（参见图2）。这就解决了传统的有刷直流电机中向旋转的转子线圈供电的难题。无刷直流电机采用智能控制器实现电子换向，以取代传统的有刷电机中的机械换向。

电动机的速度和转矩取决于电机绕组所产生的磁场的强度，磁场的强度又取决于流经每个绕组电流大小。因此，调整转子电压（或电流）可以改变电机转速。



2.2 电子换向

无刷直流电机的驱动必须考虑在转子的不同位置施加不同的电压，即必须正确控制三相绕组系统的电压相序，以便使定子磁场和转子磁场之间的相角度始终接近 90°，从而获得最大的转矩。因此，控制器需采用一些控制策略来确定转子的方向 / 位置（相对于定子线圈）。

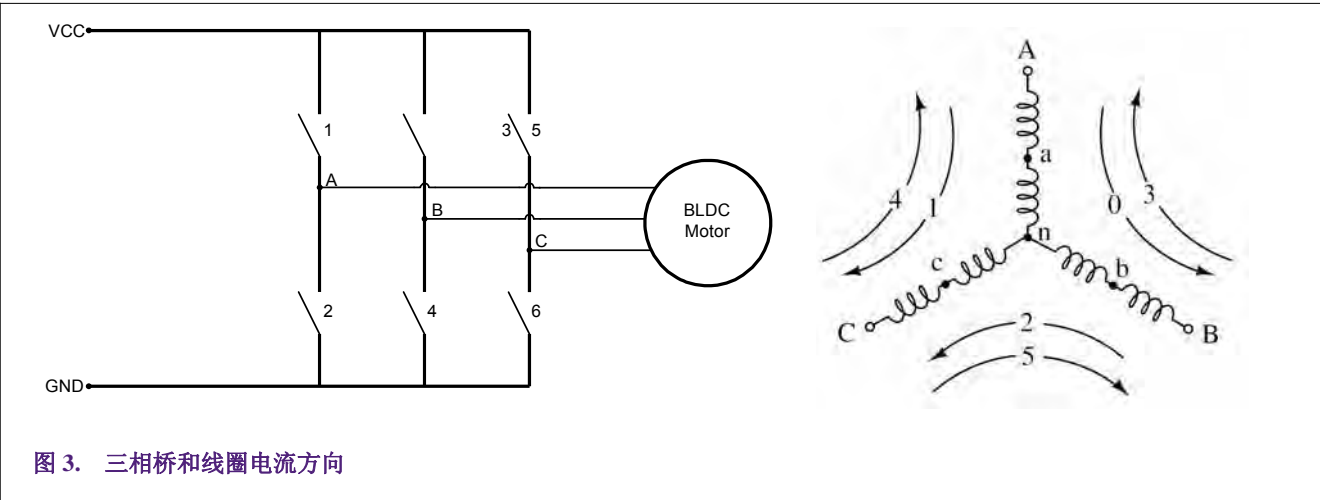


图 3描述了如何驱动电机线圈使电机正确旋转的系统实现原理。通过线圈的电流方向决定了定子磁场的方向。通过使电流顺序通过线圈即可推拉转子。BLDC 电机缠绕方式应确保通过六步施加电流使定子线圈能够旋转。此外，如图 3所示，每相驱动器可以两个连续步骤使电流通过该相。这些步骤如表 1 所示。这就是所谓的梯形换相。图 5 说明了六步换相（6 霍尔传感器边缘 H1、H2 和 H3）、阻塞换相（ $i_a$ ,  $i_b$ ,  $i_c$ ）和梯形换相（ $e_a$ ,  $e_b$ ,  $e_c$ ）定义之间的关系。

表 1. 开关顺序、

序号	转换间隔	相电流			开关闭	
		A	B	C		
0	0° - 60°	+	-	OFF	1	4
1	60° - 120°	+	OFF	-	1	6
2	120° - 180°	OFF	+	-	3	6
3	180° - 240°	-	+	OFF	3	2
4	240° - 300°	-	OFF	+	5	2
5	300° - 360°	OFF	-	+	5	4

2.3 转速控制

改变电机两端的电压即可简单地控制转子转速。这可以通过相电压脉宽调制（PWM）来实现。通过增加或减小占空比，每个换相步骤会有或多或少电流流过定子线圈。这会影响定子磁场和磁通密度，从而改变转子和定子的之间的力。

这意味着，转速取决于转子负荷、每相的电流和所加的电压。

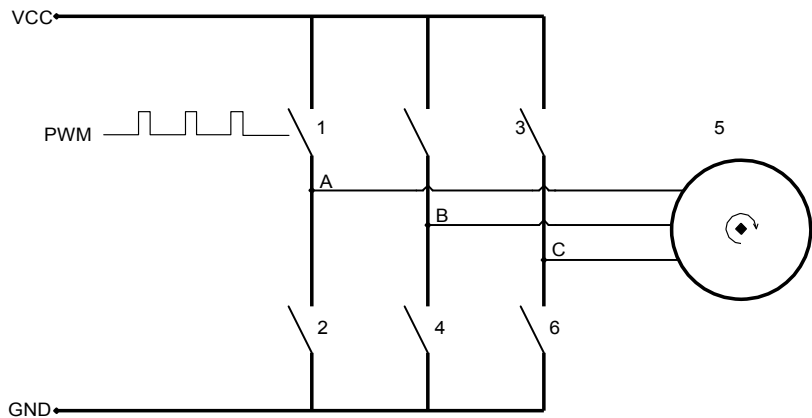


图 4. 通过脉宽调制控制速度

2.4 转矩控制

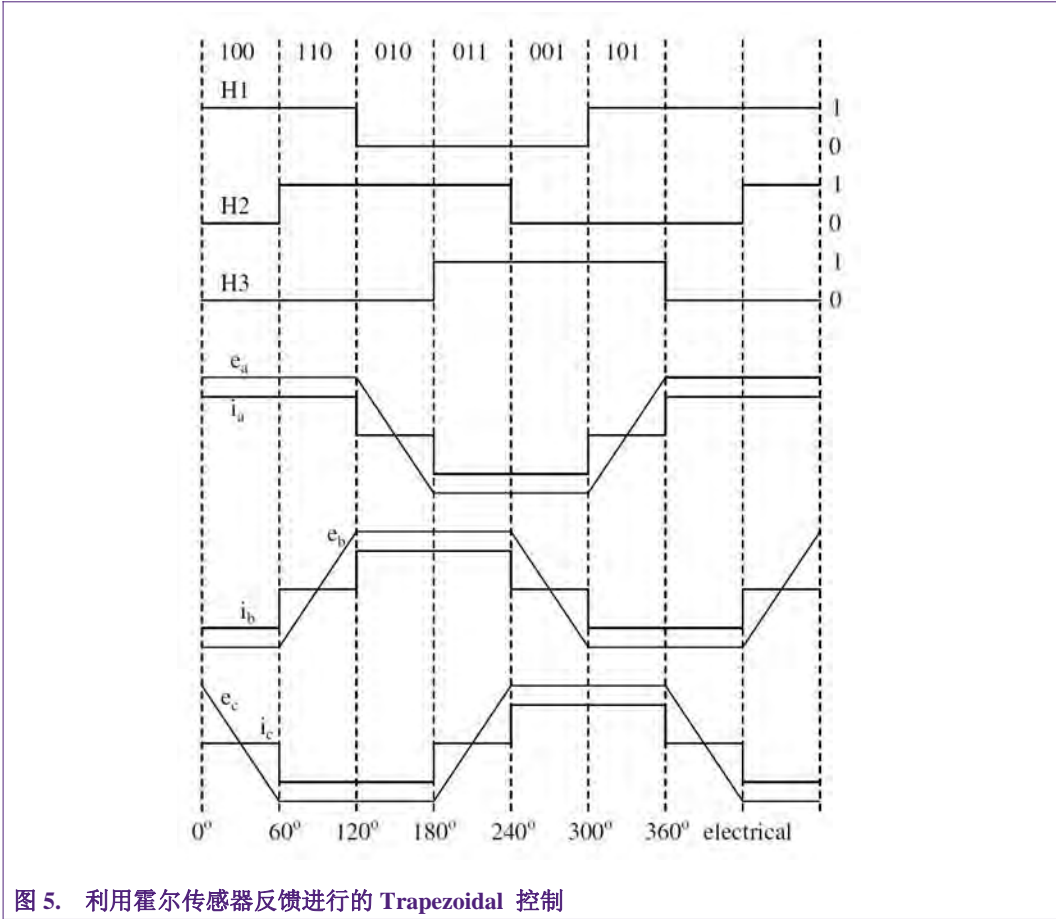
就像速度控制一样，转矩由通过定子线圈的电流大小决定。对于最大转矩，定子和转子磁场之间的角度，应保持在 90 °。对于梯形换相，控制分辨率为 60 °，定子和转子磁场间的角度在-30 °至+30 ° 的范围内，这会产生转矩脉动。

2.5 位置反馈

转子位置反馈可以通过多种技术来实现。最常用的是霍尔传感器反馈，其他方法包括使用编码器，甚至采用无传感器的控制方法。本应用规格书将只着重介绍霍尔传感器和编码器反馈，而不探究无传感器的控制策略。

2.5.1 霍尔传感器反馈

正确放置霍尔传感器，使其能产生第 2.2 章节所解释的供换向用的信号。通过这些信号可以很容易确定转子的旋转方向，并按正确的顺序进行换向。



2.5.2 编码器反馈

最常用的编码器是正交编码器。欲了解更多有关正交编码器的详细信息，请参见第 3.2 章节。

### 3. The LPC1700

LPC1700是基于ARM Cortex - M3的微控制器，可用于需要高集成度和低功耗的嵌入式应用中。ARM Cortex - M3是下一代内核，它可以增强整个系统的性能，例如增强调试功能和提供更高的模块集成度。

LPC1700可在高达120 MHz的CPU频率下工作。LPC1700配备的外围设备包括高达512 KB的Flash、高达64KB的SRAM、以太网MAC、一个可配置为主机、设备或OTG的USB接口、8通道通用DMA控制器、4个UART、2个CAN通道、2个SSP控制器、SPI接口、3个I<sup>2</sup>C接口、2输入2输出的I<sup>2</sup>S接口、8通道12位ADC、10位DAC、电机控制PWM、正交编码器接口、4个通用32位定时器、6输出通用PWM、独立电池供电超低功耗RTC和多达70个通用I/O引脚。

本应用规格书将对电机控制专用外设进行介绍，包括电机控制、PWM 和正交编码器接口。

#### 3.1 LPC1700 电机控制 PWM (MCPWM)

恩智浦LPC1700系列产品配备了专用电机控制PWM (MCPWM)。

该MCPWM针对三相AC和DC电机控制应用进行了优化。

电机控制PWM模块包括3个独立通道，其中每个通道控制输出具有相反极性的2路输出。所有通道均可独立设置和控制，但可以使用'三相DC模式'或'三相交流模式'进行内部互连。

每个通道都包括：

- 一个32位定时器/计数器 (TC)
- 一个32位界限寄存器 (LIM)
- 一个32位匹配寄存器 (MAT)
- 一个10位死区时间寄存器 (DT) 和相关的10位死区时间计数器
- 一个32位捕获寄存器 (CAP)
- 极性相反的两个调制输出 (MCOA和MCOB)
- 周期中断、脉冲宽度中断和捕获中断

MCPWM 共有 10 条 I/O 线，全面控制电机控制系统中的功率逆变。每个通道都包括一个 PWM 输出对（称为 MCOAx 和 MCOBx）和一个输入 MCIx，其中 x 是通道号（0-2）。该 MCPWM 还具有一个低电平有效的快速中断输入引脚，MCABORT。此引脚的有效输入信号可以使所有输出处于“被动”状态，以保护电机的安全。



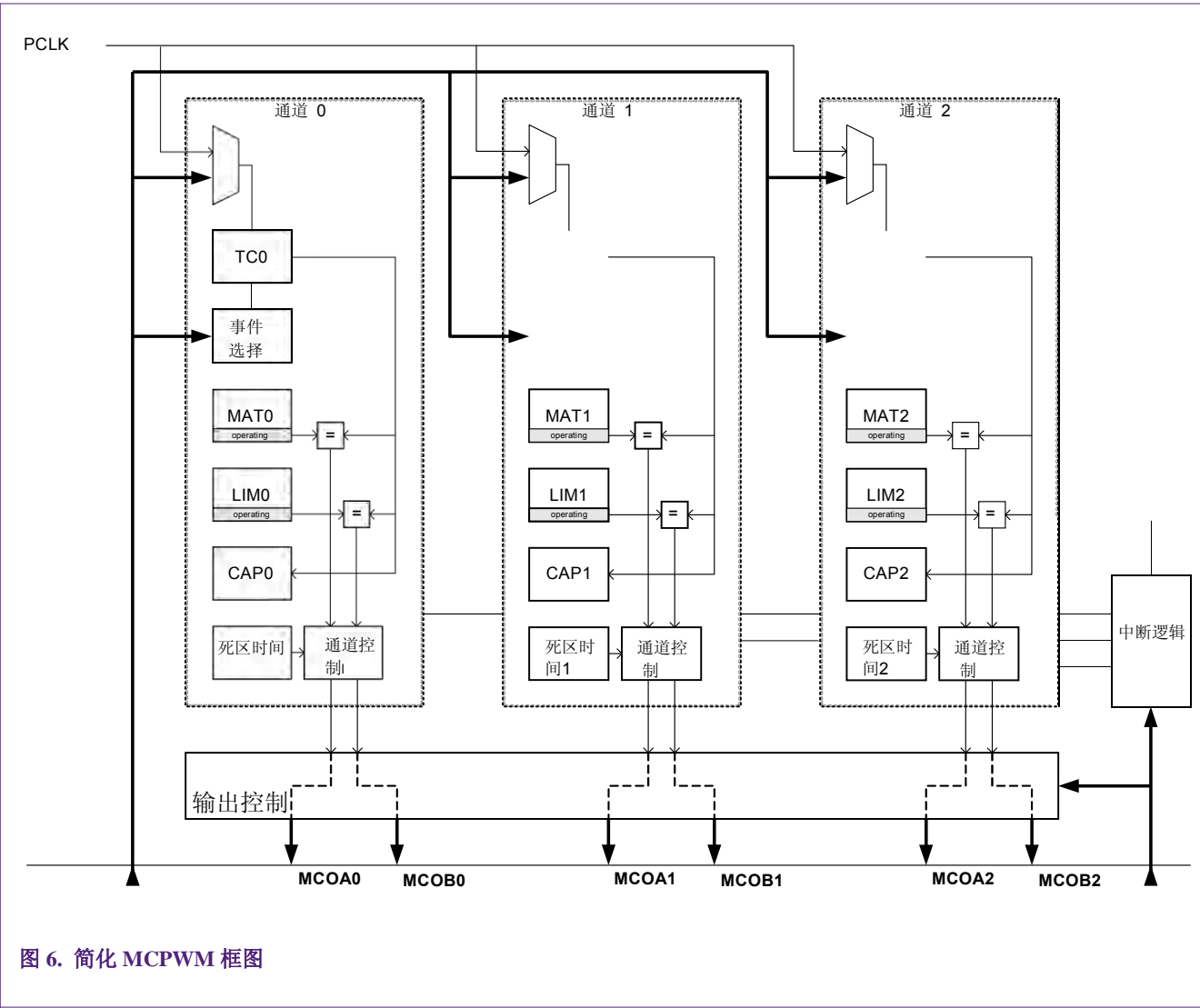


图 6. 简化 MCPWM 框图

图6描绘了MCPWM简化框图。框图中显示了三个独立的通道。每个通道都有自己独立的定时器计数器（TCn<sup>1</sup>），它可以由外设时钟（PCLK）或电机控制输入引脚0至2（MCI0..2）计时。匹配寄存器（MATn）和界限寄存器（LIMn）连同死区时间生成器，负责通道输出状态。通道输出有效状态可以为设置为'被动'或'主动'，这将决定在有效状态时输出的是高电平还是低电平。

有关详细 MCPWM 框图，请参阅 LPC1700（UM10360）用户手册。

3.1.1 工作模式

MCPWM 支持许多不同的工作模式。下一节简要概述了这些工作模式。欲了解更多有关这些模式的细节，请参阅 LPC1700 用户手册。

3.1.1.1 PWM

第一种工作模式是常规PWM模式。在这种模式下，可以选择边沿或中心对齐的PWM波形。对于边沿或中心对齐的PWM波形，死区时间延迟可以在被动或主动模式下产生。请注意，复位后所有 A 输出均设置为'被动'状态，'被动'映射为低电平。

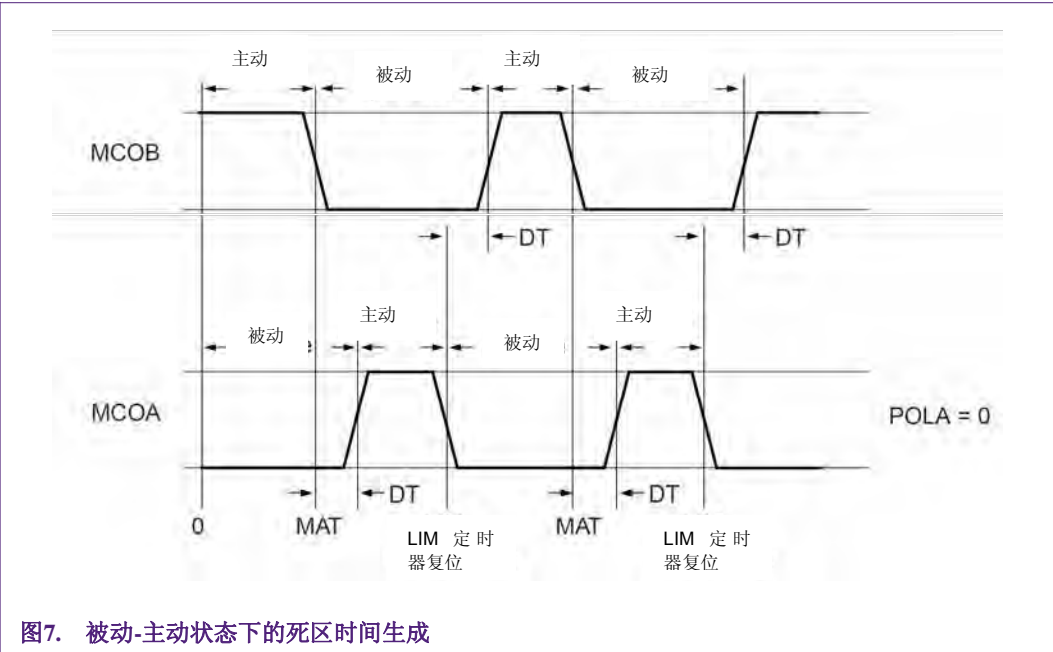


图7. 被动-主动状态下的死区时间生成

3.1.1.2 外部事件计数

第二种模式是'外部事件计数'模式。TC计数器不再使用时钟PCLK，而是对外部事件输入MCIX引脚的触发信号进行计数。

3.1.1.3 三相 DC 模式

在'三相直流模式'，内部MCOA0信号可以传送到任何的MCO输出。换向寄存器（MCCP）确定MCOA0信号传送到哪些MCO输出。

图 8用红色虚线说明了相对于正常 PWM 工作方式的信号流变化。

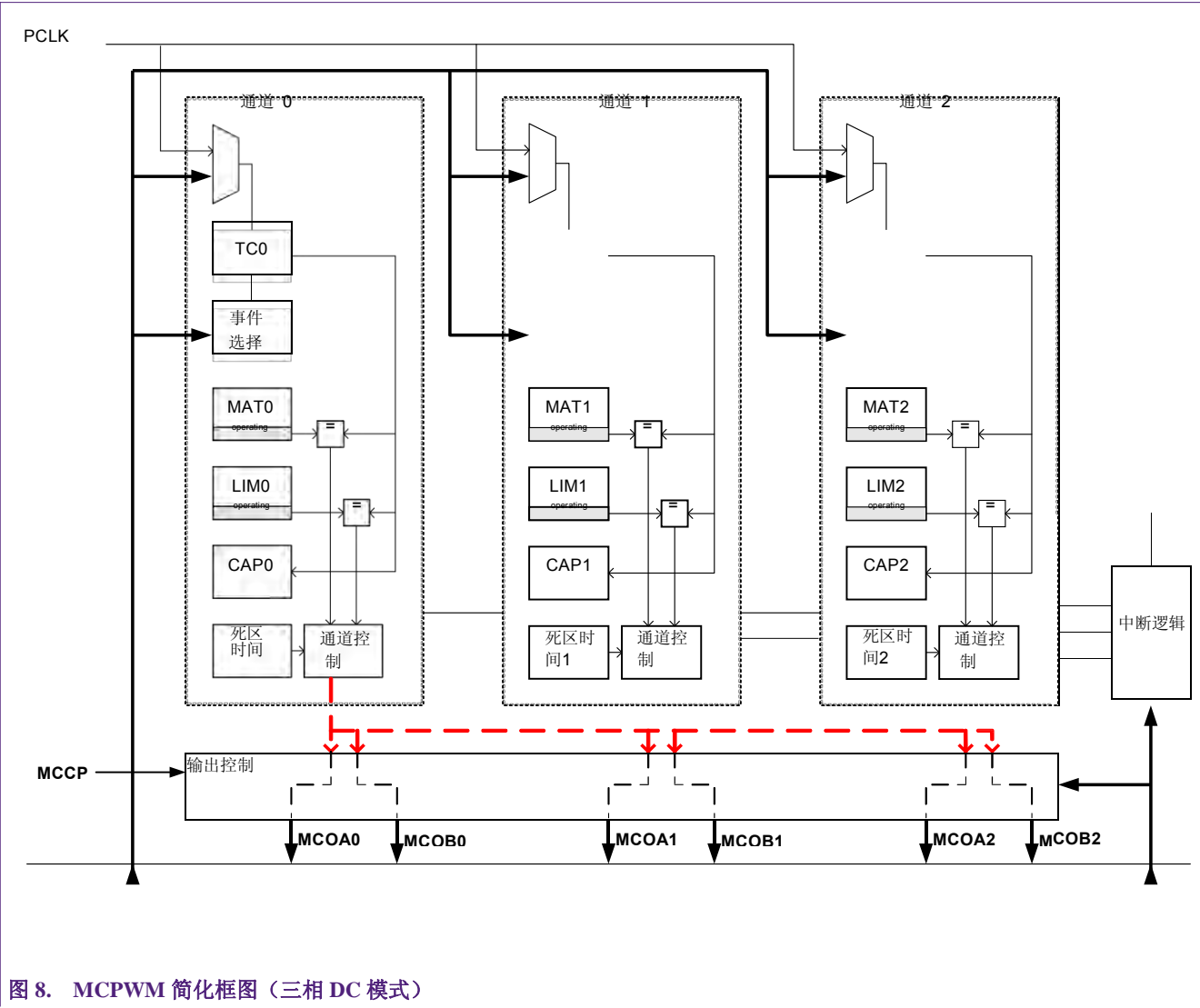


图 8. MCPWM 简化框图（三相 DC 模式）

3.1.1.2 三相 AC 模式

'三相AC模式'将所有通道的MAT寄存器与通道0定时器（TC0）进行比较。  
图 9显示了三相 AC 模式工作原理。

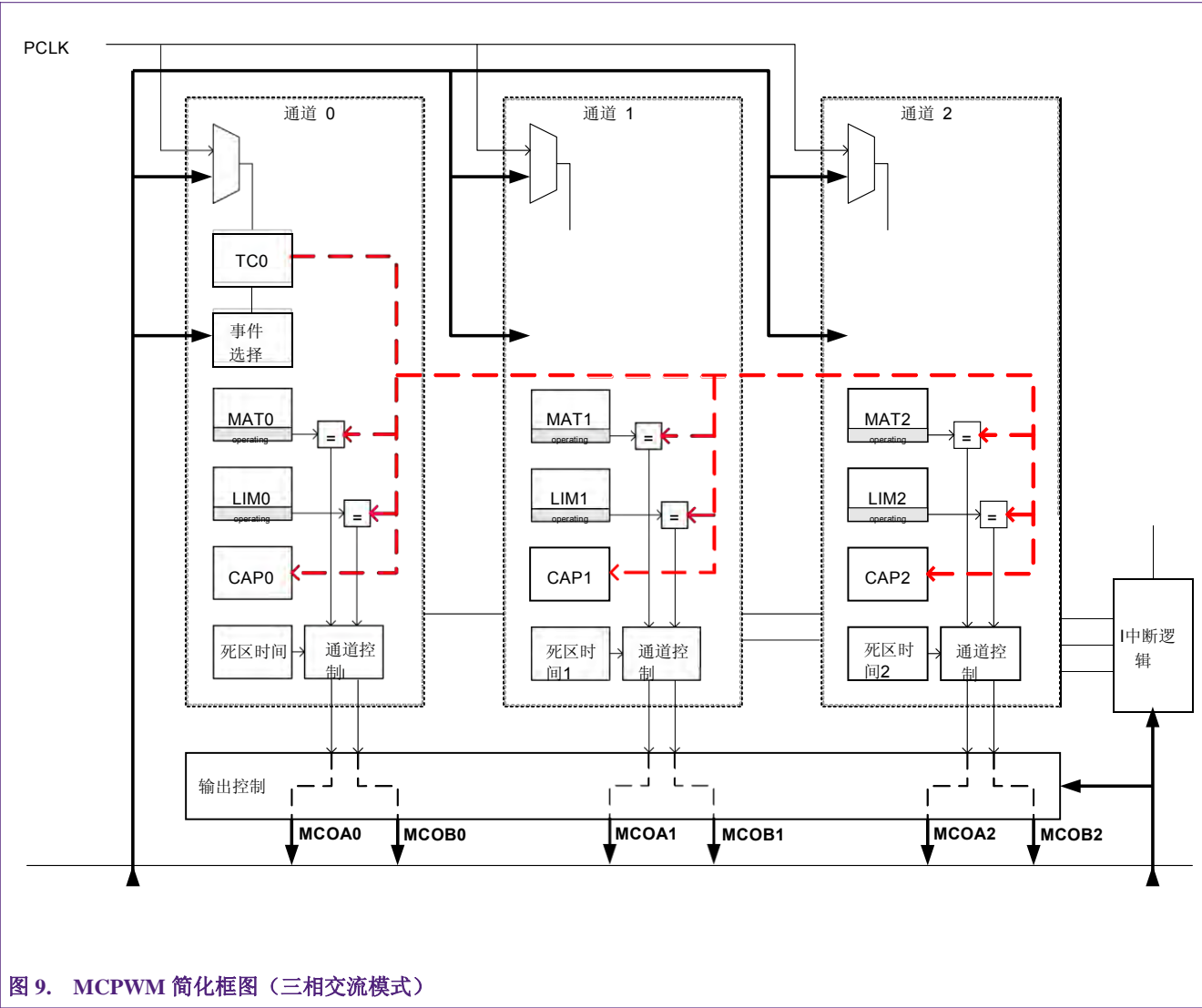


图 9. MCPWM 简化框图（三相交流模式）

3.1.1.3 快速中止

最后一种工作模式是“快速中止”模式。当低电平有效的输入引脚 MCABORT 从外部拉低时进入此模式。所有 MCOAx 和 MCOBx 引脚将会置于'被动'状态。这些引脚极性可以使用 MCPWM 控制寄存器（MCCON）的 POLA 位进行设置。

3.1.2 MCPWM 引脚描述

如前面章节所述，MCPWM 在工作中共使用 10 个 I/O 引脚。有关这 10 个引脚的描述请参见表 2。

表 2. MCPWM 引脚描述

功能名称	引脚名称	描述
MCOA0	P1.19	MCPWM 通道 0 输出A
MCOB0	P1.22	MCPWM 通道 0 输出B
MCOA1	P1.25	MCPWM 通道 1 输出A
MCOB1	P1.26	MCPWM 通道 1 输出B
MCOA2	P1.28	MCPWM 通道 2 输出A
MCOB2	P1.29	MCPWM 通道 2 输出B
MCI0/MCFB0 <sup>[1]</sup>	P1.20	MCPWM 输入0 or MCPWM 反馈0
MCI1/MCFB1 <sup>[1]</sup>	P1.23	MCPWM 输入1 or MCPWM 反馈1
MCI2/MCFB2 <sup>[1]</sup>	P1.24	MCPWM 输入2 or MCPWM 反馈2
MCABORT	P1.21	低电平有效的快速中断输入

[1] 请注意，MCPWM 输入引脚与 QEI 输入引脚共享

3.2 正交编码器接口（QEI）

正交编码器，亦称为双通道增量式编码器，可将角位移转换成两个脉冲信号。通过监控脉冲数目和两个信号的相对相位，用户可以跟踪位置、旋转方向和速度。此外，第三通道或索引信号，可用于对位置计数器进行复位。这个正交编码器接口模块对正交编码器输出的数字脉冲随时进行解码，以确定其旋转方向。此外，它还可以捕获编码器转轮的速度。

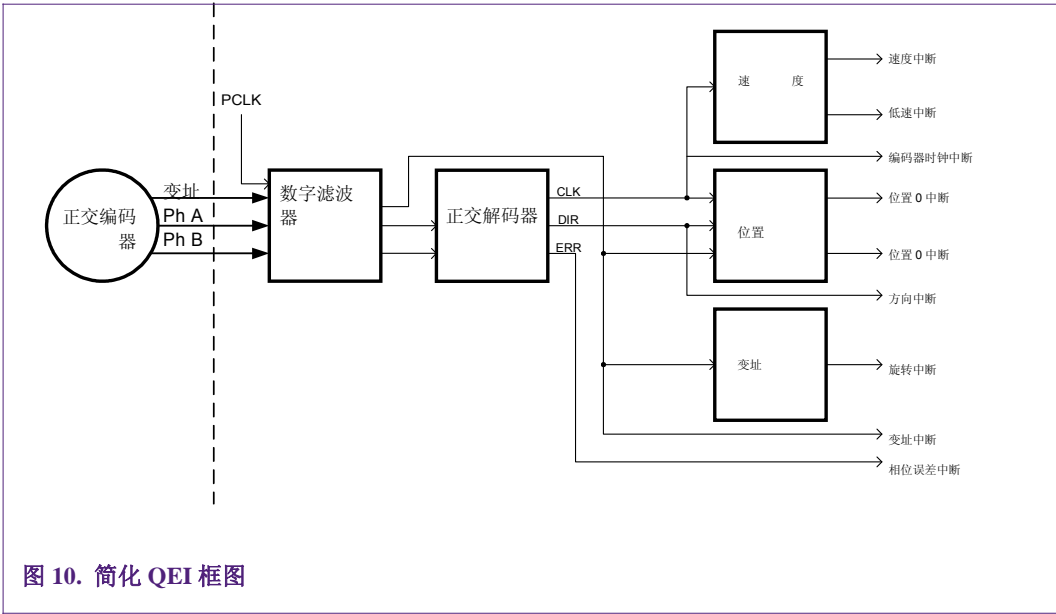


图 10. 简化 QEI 框图

3.2.1 QEI 引脚描述

如图 10 所示，来自正交编码器的三个信号（A 相、B 相和变址信号）传送到 QEI。用于这些信号的引脚有：

表 3. QEI 引脚描述 [1]

功能名称	引脚名称	描述
MCFB0	P1.20	用作输入 QEI 的 A 相（PHA）
MCFB1	P1.23	用作输入 QEI 的 B 相（PHB）
MCFB2	P1.24	用作输入 QEI 的索引信号（IDX）

[1] 请注意 QEI 输入引脚与 MCPWM 输入引脚共享。

关于如何在该应用中实现 QEI 的详细描述，请参阅下面的章节。使用详细描述可以参见 LPC1700 用户手册（UM10360）。

4. 应用设置

本章将介绍如何实现该方案。

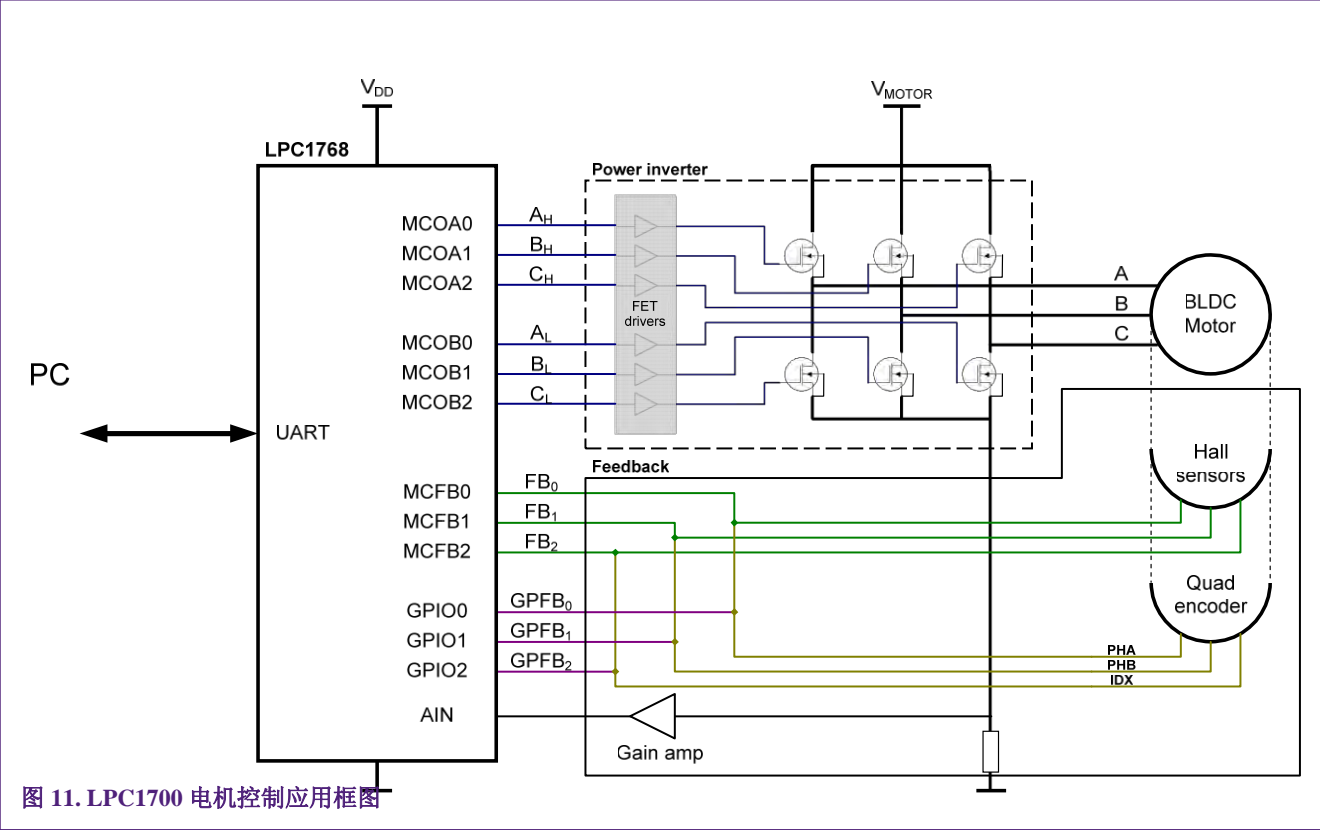


图 11. LPC1700 电机控制应用框图

4.1 连接

此应用使用MCPWM外设控制功率逆变器。如图11所示，MCPWM A通道用来驱动上桥臂的开关管，MCPWM B通道驱动下桥臂的开关管。

对于转子方向反馈，既可选择霍尔传感器又可选择正交编码器。MCPWM 输入引脚（MCIO.0.2）和 QEI 引脚（PHA、PHB 和 IDX）为共用引脚（称为 MCFB0 .. 2）。在此应用中，未采用任何硬件来检测可以触发 MCABORT 引脚的“不安全”状态的信号。

表 4. 应用连接

功能名称	引脚名称	信号	信号目的
MCOA0	P1.19	A <sub>H</sub>	电机A相上桥臂FET驱动
MCOB0	P1.22	A <sub>L</sub>	电机A相下桥臂FET驱动
MCOA1	P1.25	B <sub>H</sub>	电机B相上桥臂FET驱动
MCOB1	P1.26	B <sub>L</sub>	电机B相下桥臂FET驱动
MCOA2	P1.28	C <sub>H</sub>	电机C相上桥臂FET驱动
MCOB2	P1.29	C <sub>L</sub>	电机C相下桥臂FET驱动
MCFB0	P1.20	FB <sub>0</sub>	Hall0或QE PHA反馈输入
MCFB1	P1.23	FB <sub>1</sub>	Hall1或QE PHB反馈输入
MCFB2	P1.24	FB <sub>2</sub>	Hall2或QE IDX反馈输入
AD0.5	P1.31	A <sub>IN</sub>	电机电流检测输入
GPIO0	P0.16	Hall0	Hall0或QE PHA反馈输入
GPIO1	P0.17	Hall1	Hall1或QE PHB反馈输入
GPIO2	P0.18	Hall2	Hall2 或 QE IDX 反馈输入
MCABORT	P1.21	不用	

正如图 11所示，由于 LPC1700 勘误表中的 MCPWM.1 勘误，反馈引脚与两个 MCFB 引脚和一些 GPIO 引脚相连。更多信息请参见本勘误表。

4.2 功率逆变器

本应用规格书中的功率逆变器是基于 AN10661 中所述的相同功率逆变器，下列各段进行了简要解释。

4.2.1 MOSFET 的选择

本系统选用了恩智浦半导体PH20100S N-通道TrenchMOS逻辑电平FET。因为系统选用了24V的电机。  
对于 24 伏电压的电机， MOSFET V<sub>DS</sub>至少需要 40 V 电压，而漏极电流必须足够高，以应对电机（启动）电流。由于软件中实现的软加速机制（小幅提升至所需速度），启动电流已经降低。PH20100S 能够处理 34.3 安的最大漏极电流和 137 安的峰值电流，并且具有 SMD SOT669（LFAK 封装）封装。

4.2.2 MOSFET 驱动器选择

MOSFET 驱动器需要将控制器的输出信号（驱动 MOSFET）提高至电机电源电压电平。在本应用规格书中，我们选用了恩智浦半导体的 PMD3001D 和 PMGD400UN 器件，如图 12 所示。



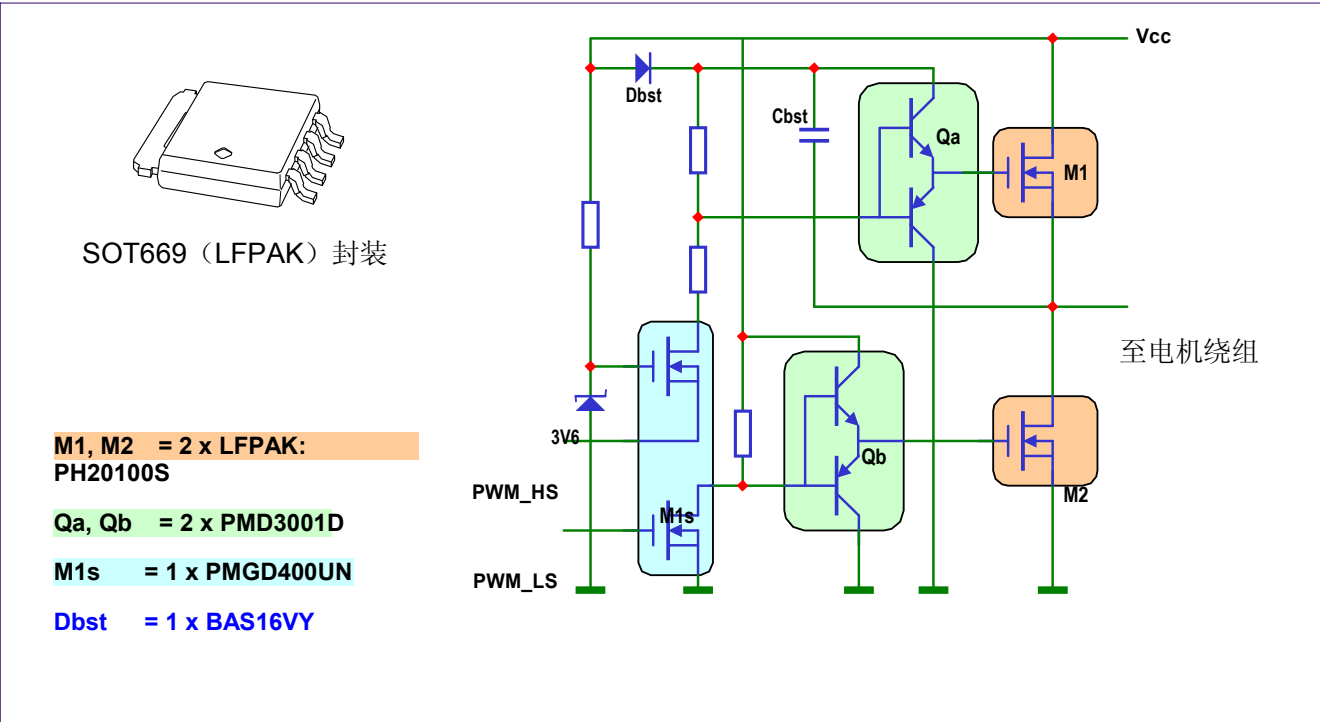


图 12. 简化 MOSFET -下桥臂和上桥臂驱动器示意图

4.3 BLDC 电机的选择

用于此功率逆变器的MOSFET的额定电压为12V，开关频率为20千赫（50微秒），安全工作电流约为40A。因此，该电路板能驱动功率约为480W的电机。

在本应用规格书编制过程中，采用了 Maxon 80W 电机，配有霍尔传感器和正交编码器扩展器件。

5. 软件

本应用规格书编写的软件是基于Cortex微控制器软件界面标准（CMSIS），因此使用和CMSIS兼容的标准外设固件驱动程序库。该驱动程序库的最新版本可在恩智浦微控制器支持页面查找。

本章将解释有关的驱动程序库文件和应用程序源码的使用。  
本应用中使用Keil ARM-MDK 4.01版作为LPC1768软件开发的IDE。  
应用中使用了一个串口，来进行运行状态的反馈和参数的设定。

5.1 文件夹和文件

本应用规格书所需的所有文件排列如下。

表 5. 顶层文件夹结构

文件夹	描述
apps_src	所有应用程序源代码文件
Core	内核专用驱动程序和初始化文件、CMSIS兼容
Documentation	对本文件有用的应用规格书
Drivers	CMSIS兼容的驱动程序库
Lst	编译器编译时所产生的列表文件所在文件夹
Obj	编译器编译时所产生的目标文件所在的文件夹
LPC1700_BLDC.uvproj	Keil uVision4项目文件

5.1.1 程序源码

为本应用规格书编写的应用程序源代码文件，请参见表5中的apps\_src文件夹。

5.1.1.1 BLDC.c

BLDC.c 源文件包含了 BLDC 电机控制的初始化、控制和中断处理。[表 6](#)描述了此文件中的所有函数。

6. BLDC.c 中的函数描述

函数	描述
<code>void BLDC_init (void)</code>	BLDC控制初始化 <ul style="list-style-type: none"><li>- MCPWM初始化</li><li>- 通过MCFB引脚或GPIO实现霍尔反馈初始化</li><li>- QEI初始化（如果选中）</li></ul>
<code>void BLDC_Enable (void)</code>	启用BLCD电机控制
<code>void BLDC_setDuty (unsigned int duty)</code>	设置PWM占空比
<code>void BLDC_calcRPM (PIDstr *ptr)</code>	计算当前转速
<code>void BLDC_break (void)</code>	制动BLDC电机
<code>void BLDC_commutate (unsigned char step)</code>	按正确换向顺序使 BLDC 电机换向
<code>void MCPWM_IRQHandler (void)</code>	MCPWM 中断处理函数，用于霍尔传感器反馈（如果选中）
<code>void EINT3_IRQHandler (void)</code>	外部中断 3 或 GPIO 中断处理函数，在这种情况下，处理霍尔传感器反馈（如果通过 GPIO 中断选定）
<code>void QEI_IRQHandler (void)</code>	QEI中断处理函数，处理QEI位置比较中断

5.1.1.2 Main.c

Main.c 是应用程序的入口文件。在这里进行所有应用程序特定的初始化并开始执行一个小优先调度程序进行分辨率为 1 毫秒的任务调度。它还包括启用 printf 的重定向函数。

表 7. Main.c 中的函数描述

函数	描述
<code>void SysTick_Handler (void)</code>	核心 <code>systick</code> 中断处理程序，用于整个系统的 1 毫秒计数
<code>int sendchar (int c)</code>	用于使用printf的重定向函数，将通过UART收集和发送
<code>void UART0_IRQHandler (void)</code>	UART0 中断处理程序，它可引导到 UART 驱动程序库。
<code>void UART0_IntReceive (void)</code>	UART0 接收回调函数，处理所有输入 UART 数据，并将其保存至环形缓冲区
<code>void Call_1ms (void)</code>	毫秒调度程序 任务： <ul style="list-style-type: none"><li>- 开始PID计算</li><li>- 如果启用了电机，但没有速度，则强迫换向</li></ul>
<code>void Call_10ms (void)</code>	10毫秒调度程序 任务： <ul style="list-style-type: none"><li>- 开始处理传入环形缓冲区的 UART 数据</li></ul>
<code>void Call_100ms (void)</code>	100毫秒调度程序 任务： <ul style="list-style-type: none"><li>- 输出当前转速</li></ul>
<code>void Call_1s (void)</code>	1 秒调度程序
<code>void initApplication (void)</code>	初始化应用程序 <ul style="list-style-type: none"><li>- <code>Systick</code>配置</li><li>- LED配置</li><li>- UART配置</li><li>- BLDC电机控制配置</li></ul>
<code>int main (void)</code>	主程序入口函数 <ul style="list-style-type: none"><li>- 初始化系统</li><li>- 初始化应用程序</li><li>- 启用BLDC电机</li><li>- 无限循环运行调度程序</li></ul>

5.1.1.3 PID.c

PID只包含一个函数PID\_calc\_cntr，它实际上是一个PI控制器。  
该函数的输入是一个指向 PIDstr 结构体的指针。这个结构体包含 PI 控制器计算输出量所需的所有变量。

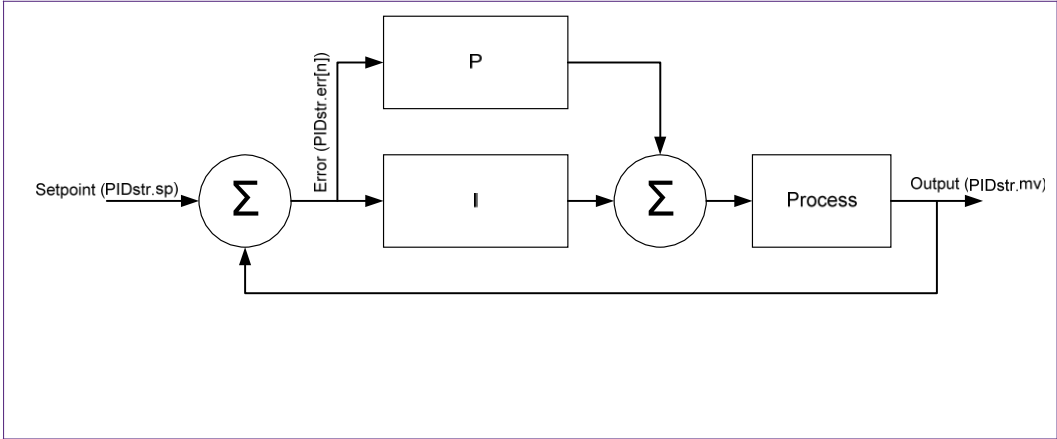


图 13. PI 控制器

5.1.1.4 Retarget.c

Retarget.c是为了链接应用Keil标准库stdio.h文件的部分驱动。  
通过在应用程序的代码中定义 int sendchar (int c) 函数，就可以在程序中调用 stdio.h 中的 printf 函数。

5.1.1.5 UART\_ProcessData.c

UART\_ProcessData C源文件中的各函数用于正确处理UART命令

表 8. UART\_ProcessData.c 中的函数描述

函数	描述
----	----

void UART\_processError (void) UART 过程错误处理程序，向用户发出 ' Invalid command'

void UART\_processMessage            处理输入的命令  
(UART\_RING\_BUFFER\_T \*rb,  
PIDstr \*pid,  
uint8\_t loc)

表 9描述了可以在运行期间使用的命令。

表 9.UART 命令集<sup>[1]</sup>

命令	描述
start	启动/使能电机
Stop	电机停止，但仍保持其自由运行，因此不会制动
break	使电机停止，并主动制动
speed=nnnn	转速设定值
Poles	电机的极对数
dir=n	设定电机方向，0 = CW,1 = CCW
p=n.nn	设定P值，浮点数
i=n.nn	设定I值，浮点数

[1]     所有命令均区分大小写。

UART\_processMessage 函数应用非常灵活，用户可以方便地从命令集添加或删除命令。

### 5.1.1.6 控制结构 PIDstr

```
1     typedef volatile struct PIDstr {
2         double p;    /**< The PID比例值*/
3         Double i;    /**< The PID积分值*/
4         Double d;    /**< The PID 微分值, 不用, 留作将来使用 */
5         DWORD sp;    /**<机械转速设定值*/
6         DWORD pv;    /**<过程值,用于转速计算*/
7
8         Double err[3];    /**PI (D) 计算中的误差*/
9         DWORD mv;    /**<操作值,PI (D) 控制器 输出*/
10
11         BYTE HALstate; /**<电流的HAL状态 */
12         DWORD CMT_CNT; /**<换向计数器, 电机换向检查*/
13         DWORD CMT_step; /**<当前换向步骤p */
14         DWORD RPM;    /**<当前电机机械转速*/
15         BYTE Enable;  /**<电机启用, 0 = 禁用, 1 = 启用 */
16
17         BYTE Direction; /**<电机旋转方向, 顺时针 = CW 或逆时针= CCW */
18         BYTE Brake;    /**<电机电气制动, 0 = 禁用, 1 = 启用*/
19         DWORD Period;  /**<相驱动器开关频率*/
20         BYTE Poles;    /**<电机中的极对数*/
21         DWORD Tick_cur; /**<当前tick时钟值, 用于转速计算*/
22         DWORD Tick_old; /**<原tick时钟值, 用于转速计算*/
23         DWORD Tick_new; /**<新的tick时钟值, 用于转速计算*/
24     } PIDstr;
```





6. 法律信息

6.1 定义

**草案**——本资料只是草案版本。内容仍然在进行内部审核，还未得到正式批准；这可能导致变更或增加。恩智浦半导体公司对于此处所含信息的准确性或完整性不给出任何陈述或担保，而且对于使用此信息的后果也不承担任何责任。

6.2 免责声明

**总则**——我们相信，本资料中的信息是准确可靠的。不过，恩智浦半导体公司不会对此信息的准确性或完整性给出任何明示或暗示的陈述或担保，而且对于使用此信息的后果也不承担任何责任。

**进行变更的权力**——恩智浦半导体公司有权在任何时候对本资料中出版的信息进行变更，包括（但不限于）技术规格和产品描述，恕不另行通知。本资料取代和替换在此出版之间提供的所有信息。

**适用性**——恩智浦半导体公司的产品没有设计、授权或担保能适用于在医疗、军事、飞行器、空间或生命支持设备中的使用，或者是在合理地预计到恩智浦半导体公司产品的故障或功能失常能导致人员伤亡、死亡或严重财产或环境损坏之场合的应用。对于恩智浦半导体公司产品在此类设备或应用中的包含和/或使用，恩智浦半导体公司不承担任何责任；因此，此类包含和/或使用应该由客户独自承担风险。

**应用**——对于这些产品中的任何一个，这里描述的应用仅供展示目的。恩智浦半导体公司没有做出任何陈述或担保，表明在没有进一步试验或变更的前提下此类应用将适用于规定的用途。

**出口控制**——本资料以及其中描述的内容可能会受到出口控制法规的管辖。出口可能需要从国家有关部分获得事先授权。

6.3 商标

**注意：**所有参考到的品牌、产品名称、服务名称和商标均是它们各自所有人的财产。

7. 目录

1. 简介.....3

2. 无刷直流电机基本原理.....4

2.1 无刷直流电机.....4

2.2 电子换向.....5

2.3 转速控制.....6

2.4 转矩控制.....6

2.5 位置反馈.....7

2.5.1 霍尔传感器反馈.....7

2.5.2 编码器反馈.....7

3. The LPC1700.....8

3.1 LPC1700 电机控制 PWM (MCPWM).....8

3.1.1 工作模式.....9

3.1.1.1 PWM .....10

3.1.1.2 外部事件计数.....10

3.1.1.3 三相DC模式.....11

3.1.1.4 三相AC模式.....12

3.1.1.5 Fast Abort.....12

3.1.2 MCPWM引脚描述n.....13

3.2 正交编码器接口(QEI) .....14

3.2.1 QEI引脚描述.....14

4. 应用设置.....15

4.1 Connections .....15

4.2 功率逆变器.....16

4.2.1 MOSFET的选择.....16

4.2.2 MOSFET驱动器选择.....16

4.3 BLDC电机的选择.....17

5. 软件.....18

5.1 文件夹和文件.....18

5.1.1 程序源码.....19

5.1.1.1 BLDC.c.....19

5.1.1.2 Main.c .....20

5.1.1.3 PID.c .....21

5.1.1.4 Retarget.c.....21

5.1.1.5 UART\_ProcessData.c .....22

5.1.1.6 控制ling structure PIDstr .....23

6. 法律信息.....24

6.1 定义.....24

6.2 免责声明.....24

6.3 商标.....24

7. 目录.....25

请注意，关于本文件和其中描述的的产品的重要告示已经包括在“法律信息”章节中。

