

# 基于 CPLD 的五相步进电机驱动器设计

程金政, 廖强华

(深圳开发科技股份有限公司自动化研究所, 广东 深圳 518035)

Design of Five Phase Step Motor Driver Based on CPLD

CHENG Jin-zheng, LIAO Qiang-hua

(Automation Institute, Kaifa Technology Ltd., Shenzhen 518035, China)

**摘要:**介绍了一种基于 CPLD 实现五相步进电机的驱动器设计方案, 可实现全步、半步控制。该方案具有体积小、成本低、功耗低和可靠性高等优点。

**关键词:**CPLD; 步进电机驱动器; 环形分配器

**中图分类号:**TP273

**文献标识码:**B

**文章编号:**1001-2257(2004)05-0038-03

**Abstract:** A new design of five phase step motor driver based on CPLD is introduced. The driver can implement the full-step and the half-step control. The design of driver has a novel thinking in the advantage of small volume, low cost, low power dissipation, high reliability.

**Key words:** CPLD; step motor driver; decoder

## 0 引言

CPLD 即复杂的可编程逻辑器件, 是能够将大量逻辑功能集成于一个芯片中, 无论在集成度、功耗、速度还是逻辑设计的灵活性上, 均能满足现代数字系统的大容量、高速度、多功能、低成本、开发工具简单易学和现场可编程的要求。

随着 CPLD 在数字电路设计方面应用日益广泛, 许多基于单片机或专用芯片的设计逐渐被 CPLD 所取代。此文介绍一种由 CPLD 实现五相步进电机驱动控制的驱动器设计方案。

## 1 五相步进电机控制原理

### 1.1 五相步进电机工作原理

五相步进电机绕组连接如图 1 所示。电机的转

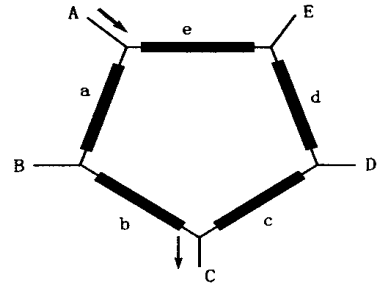


图 1 五相步进电机绕组接线示意图

子为永久磁铁。当电流流过定子绕组时, 定子绕组产生一矢量磁场, 该矢量磁场会带动转子旋转一角度, 使得转子的一对磁极磁场方向与定子的磁场方向一致。当定子绕组的矢量磁场旋转一个角度, 转子也随着该磁场旋转一个角度。因此, 控制电机转子旋转实际上就是以一定的规律控制定子绕组的电流来产生旋转的磁场<sup>[1]</sup>。

### 1.2 定子绕组电流的控制

在图 1 中, A、B、C、D、E 为定子绕组的 5 个引线抽头。使电流从 A 流入, 从 C 流出, 定子绕组的磁场方向为 H1, 使电流从 B 流入, 从 D 流出, 定子绕组的磁场方向为 H2, 依次类推, 可得到磁场方向为 H3、H4、H5 的磁场, H1、H2、H3、H4、H5 相位差为 72°, 此为全步模式下的绕组电流控制方法。用 (+) 表示电流流出, 用 (-) 表示电流流入, 全步模式下的绕组电流控制方法如表 1 所示。

表 1 全步模式下绕组电流控制

相位	绕组引线抽头				
	A	B	C	D	E
0°			(+)		
72°				(+)	
144°					(+)
216°	(+)				
288°		(+)			

收稿日期: 2004-02-05

在半步模式下的电流控制方法如表 2 所示。

表 2 半步模式下绕组电流控制

相位	绕组引线抽头				
	A	B	C	D	E
0°			(+)		
36°				(+)	
72°				(+)	
108°					(+)
144°					(+)
180°	(+)				
216°	(+)				
252°		(+)			
288°		(+)			
324°			(+)		

## 2 系统解决方案

系统框图如图 2 所示。时钟作为产生 PWM 所

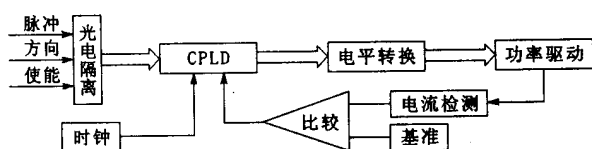


图 2 系统框图

需的时钟信号,电压信号,与基准电压比较后产生的信号作为电流限制信号,该信号用来控制 PWM 信号的占空比。在 CPLD 里面包含了环形分配器、PWM 控制器等电路。

## 3 系统硬件设计

### 3.1 PWM 及功率驱动电路<sup>[2-4]</sup>

PWM 及功率驱动电路如图 3 所示<sup>[2]</sup>。

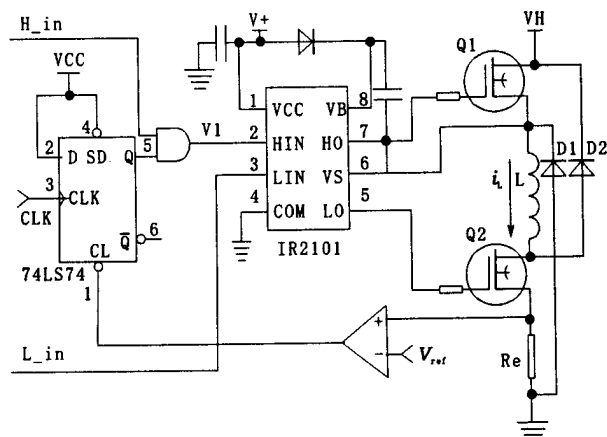


图 3 PWM 及功率驱动电路

在图 3 中,CLK 是 20kHz 的方波,作为各相 D 触发器的时钟信号,以保证五相中的每一相都能有相同频率的 PWM 波形。H-in 和 L-in 是功率驱动桥的上臂和下臂步进控制信号。 $V_{ref}$ 是基准电压,用于确定电机绕组电流  $i_L$  的稳定值。且有:

$$i_L = V_{ref} / R_e$$

当步进控制信号 H-in 和 L-in 为高电平时,如果绕组电流小于给定值  $V_{ref} / R_e$ ,D 触发器的清零端为高电平,其 Q 端输出为高电平,半桥驱动电路 IR2101<sup>[5]</sup>驱动 Q1、Q2 导通。当绕组电流大于给定值  $V_{ref} / R_e$ ,D 触发器的清零端为低电平,其 Q 端输出为低电平,半桥驱动电路 IR2101 驱动 Q1 截止,而 Q2 仍然导通。绕组 L 中的电流流经 Q2、 $R_e$ 、D1 和 D2、VH、D1 进行泄放<sup>[2]</sup>。

当时钟信号的下一个方波的上升沿到来时,又会使 D 触发器置为高电平,Q1 再次导通,直到绕组电流等于  $V_{ref} / R_e$ ,比较器输出清零信号使触发器清零。

上述过程重复进行,在步进信号 H-in 和 L-in 为高电平时,可保持绕组电流  $i_L$  在给定值  $V_{ref} / R_e$  之处,波动很小。

当步进信号 H-in 和 L-in 为低平时,Q1、Q2 截止。这时绕组中的电流就通过 D2、VH、D1 泻放。PWM 工作过程波形图如图 4 所示<sup>[2]</sup>。

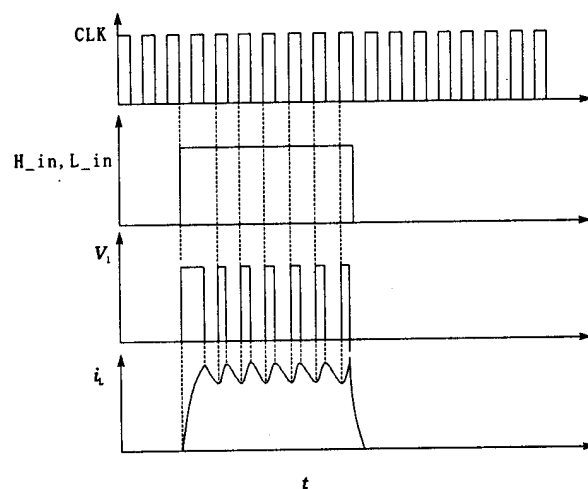


图 4 PWM 工作过程波形图

### 3.2 五相环形分配器

由于驱动器的输入信号为电机的步进脉冲与电机的旋转方向信号,这 2 个信号不能直接去驱动功率放大电路,需要经过 1 个译码电路(环形分配器)转换成五路脉冲信号去驱动功率放大电路<sup>[6]</sup>,时序

图见图 5 所示<sup>[7]</sup>。

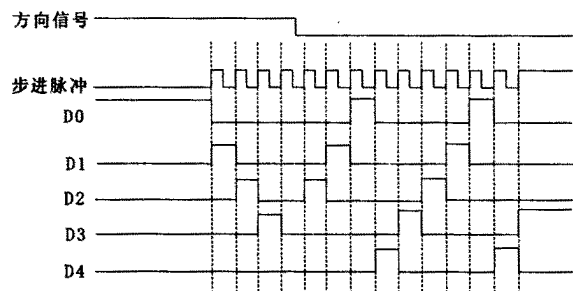


图 5 五相环型分配器时序图

图 5 的时序波形图是给循环位移寄存器置初值 1 而得到的。根据实际需要可给循环位移寄存器置 1、2、4、8、16 初值,可结合表 1 和表 2 来确定循环位移寄存器初值。由于半桥功率驱动器的上臂和下臂的导通时序不同,因此需要 2 个初值不同的循环位移寄存器。这里请注意,在实际电路中,图 3 中的半桥的上、下臂 Q1 和 Q2 并不是在同一个半桥上,而是在不同的半桥上的上臂和下臂,如图 6 所示,而半桥驱动电路则是一个 IR2101 驱动一个半桥。之所以采用图意来描述 PWM 及功率驱动电路,主要是便于读者更容易理解 PWM 及功率驱动电路的工作原理。图 6 中只画出一路半桥驱动电路,其余 4 路均与此相同。

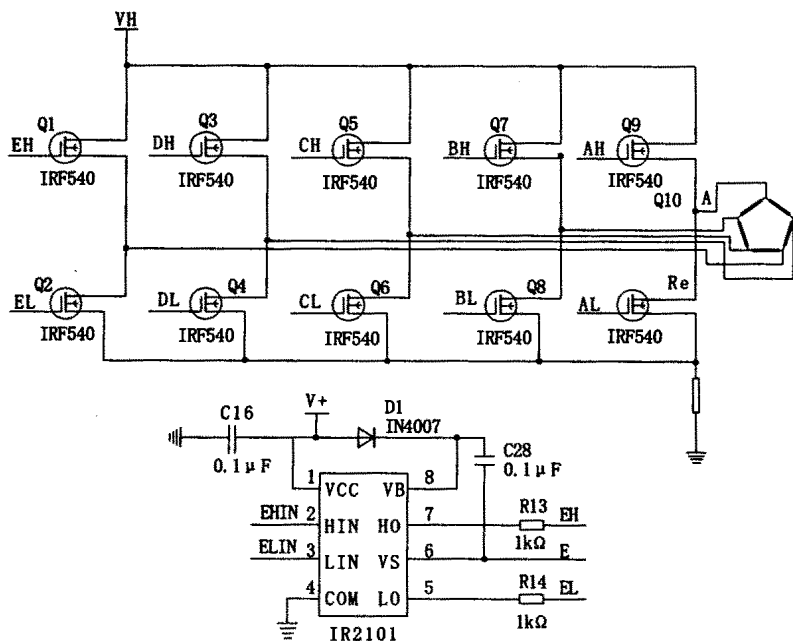


图 6 五相步进电机驱动电路图

### 3.3 CPLD 设计<sup>[6,8]</sup>

系统的关键在于 CPLD 的设计,环形分配器与 PWM 控制器由其生成。另外还包含预分频、复位、

使能和半步/全步切换电路。如图 7 所示。

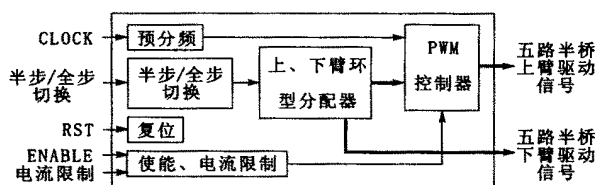


图 7 CPLD 功能框图

在图 7 中的外部输入时钟与预分频的倍数有关,要求输入给 PWM 控制器的时钟信号为 20 ~ 30kHz 即可。

## 4 结束语

该五相电机驱动器方案具有体积小、成本低、功耗低和可靠性高等优点。根据此方案的原理还可设计出两相、三相、四相、六相步进电机的驱动器。

### 参考文献:

- [1] DiRenzo Michael T. Switched reluctance motor control - basic operation and example using the TMS320F240[EB/OL]. <http://www.ti.com>, 2000 - 02.
- [2] 余永权,李小青,陈林康. 单片机应用系统的功率接口技术[M]. 北京:航空航天大学出版社,1992.
- [3] 李忠杰,李守信. 步进电动机应用技术[M]. 北京:机械工业出版社,1988.
- [4] 谭建成. 电动机控制专用集成电路[M]. 北京:机械工业出版社,2002.
- [5] Preliminary data sheet No. PD60043J[EB/OL]. <http://www.irf.com>, 1999 - 03 - 22.
- [6] Xilinx. Xilinx foundation series 2. li[CP/DK]. <http://www.xilinx.com>.
- [7] TTL 集成电路设计及应用手册[M]. 王尔乾,梁鹿亭,刘和益,等译. 北京:中国计算机服务公司,北京半导体二厂,1984.
- [8] 王福瑞. 单片机测控系统设计大全[M]. 北京:北京航空航天大学,1999.

作者简介:程金政 (1964 - ),男,山西孝义人,深圳开发科技股份有限公司自动化研究所高级工程师,主要从事精密自动化设备研发及运动控制技术的研究;廖强华 (1971 - ),男,河南许昌人,深圳开发科技股份有限公司自动化研究所工程师,主要从事精密自动化设备研发及运动控制技术的研究。