

# 特别说明

此资料来自豆丁网(<http://www.docin.com/>)

您现在所看到的文档是使用**下载器**所生成的文档

此文档的原件位于

<http://www.docin.com/p-9404193.html>

感谢您的支持

抱米花

<http://blog.sina.com.cn/lotusbaob>

# 基于 GAL 的五相步进电机驱动器<sup>\*</sup>

李志刚

(连云港职业技术学院,江苏 连云港 222006)

**摘要:**介绍了一种五相混合式步进电机驱动方法,及五边形绕组联接方式。用 GAL 器件产生脉冲分配信号。步进电机采用恒频斩波、恒总电流驱动,电路性能可靠、简单。

**关键词:**五相步进电机驱动器;恒总流驱动;五边形绕组联接;GAL

**中图分类号:**TM83.6

**文献标识码:**A

步进电机是一种将电脉冲信号转化为角位移的执行机构。一个脉冲信号驱动步进电机按设定的方向移动一个固定的角度(步进角)。通过控制脉冲个数来控制角位移量,从而达到准确定位的目的;同时可以通过控制脉冲频率来控制电机转动的速度和加速度,从而达到调速的目的。

在工业场合以及其他应用领域,对于特殊部件的运动状态需要精确的控制,包括位移控制、运动速度控制、加速度控制。在这些场合应用最为广泛的是混合式五相步进电机。其特点是高扭矩、高分解能、小步进角、低震动、响应快。

目前国内市场上五相步进电机的驱动器通用性强,基本满足了所有电机控制的需要,但多采用原装进口模,价格昂贵。因此根据控制的要求,研制成本低廉、性能可靠、体积小、低功耗的专用驱动器,是提高产品性能、降低产品生产成本的关键。

## 1 系统的总体设计

步进电机系统的系统框图如图1。

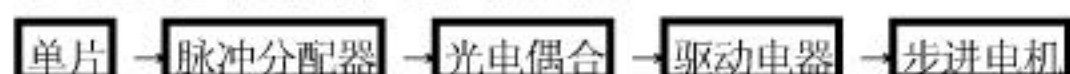


图1 步进电机系统框图

单片机选用廉价高性能的 AT89C2051,它具有功耗小、体积小、带有 2K 字节可编程闪烁内存等特点。单片机根据需要发停止、启动、转向等信号,为脉冲分配器提供基准脉冲,并且可以方便地改变基准脉冲的频率。

脉冲分配器通常有散器件组成的环形脉冲分配器、软件环形脉冲分配器、专用集成芯片环形脉冲分配器等。分散器件组成的环形脉冲分配器体积比较大,同时由于分散器件的延时,其可靠性大大降低;软件环形分配器要占用单片机的运行时间,降低了速度;专用集成芯片环形脉冲分配器集成度高、可靠性好,但其适应性受到限制,同时开发周期长、需求费用较高。通用阵列逻辑 GAL 是一种电可擦除的可编程的新型 ELD 器件。近几年来,GAL 以其高性能、高可靠性、可擦除及输出逻辑结构可组态等特性,博得广大用户的信赖。用 GAL 器件产生控制电机所需要的时序脉冲,不仅简化了系统的结构,降低了成本,而且编程灵活方便,提高了系统的可靠性,使系统具有更强的适应性。

我们采用 Lattice 的 GAL16V8。

采用小功率的五相步进电机,步进角为 0.72 度,单相电流为 0.75mA。

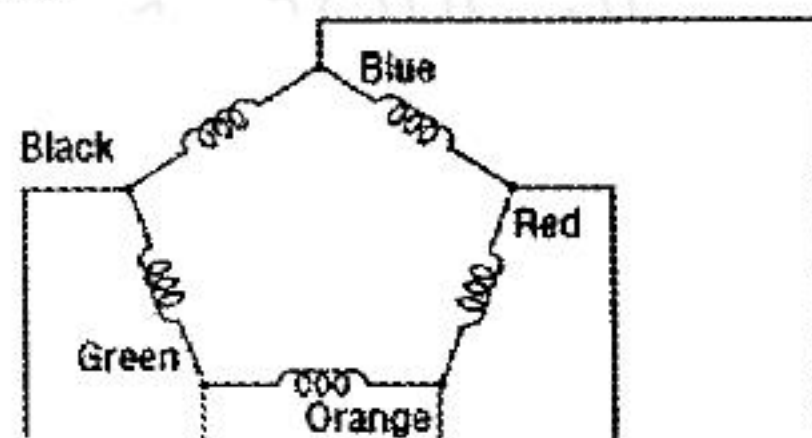


图2 五相绕组首尾串联的五边形联接

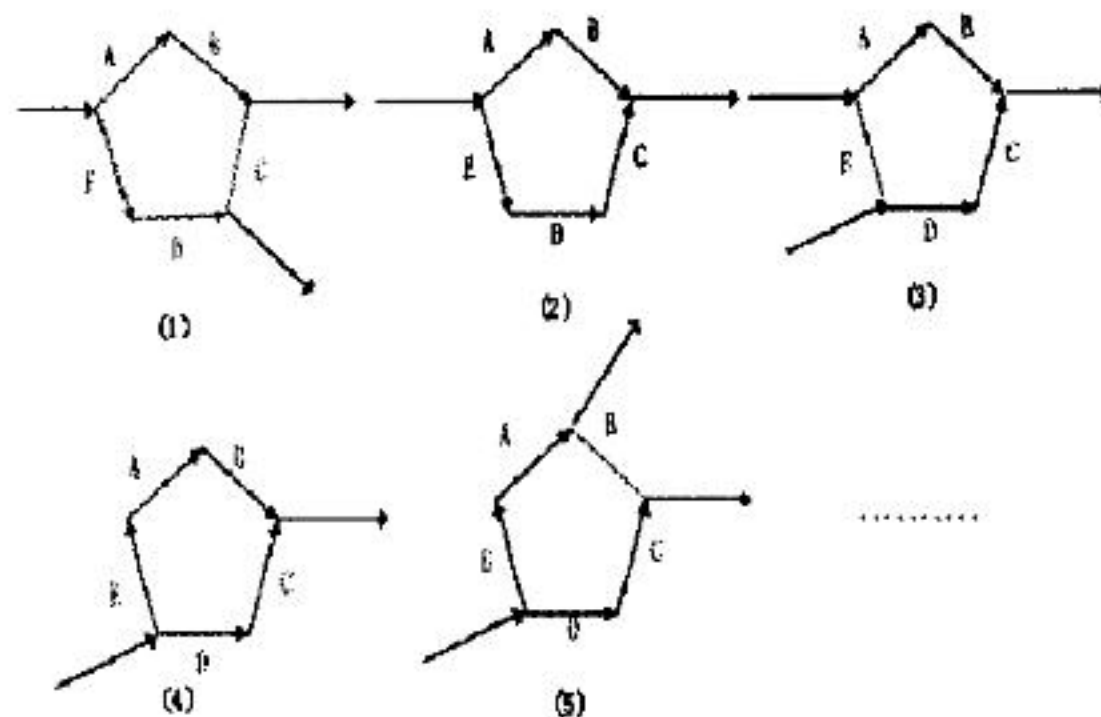


图3 绕组四 - 五相通电状态

## 2 电机驱动电路的设计

步进电机驱动器和步进电机构成了步进电机系统,不同的驱动方式具有不同的步进电机运行特性。我们采用了 A - B - C - D - E 首尾串联的新五边形联接方式(如图2),改善了步进电机的运行平稳性,采用了恒总流的驱动控制技术,使电机的牵出转矩达到了最大静转矩,这一系统还有动态性能优良,线路简单、可靠性高等一系列优点。

根据四相和五相绕组通电产生最大合成转矩的原理,得到图3中各个绕组在每个脉冲的

\* 收稿日期:2004-12-12



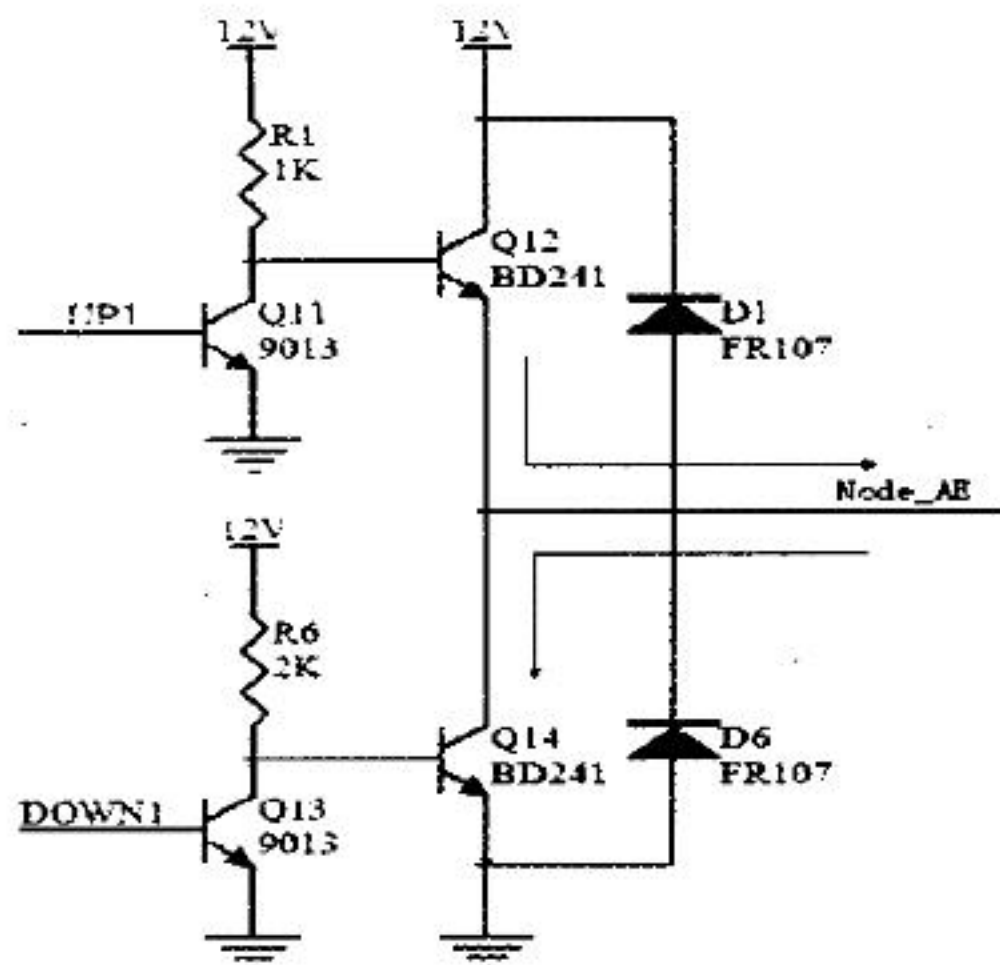


图 4 步进驱动电路(其中一相)

激励下的通电状态。因此对于两两绕组的节点有三种状态:灌入电流、流出电流、高阻抗。实现这一功能的驱动电路如

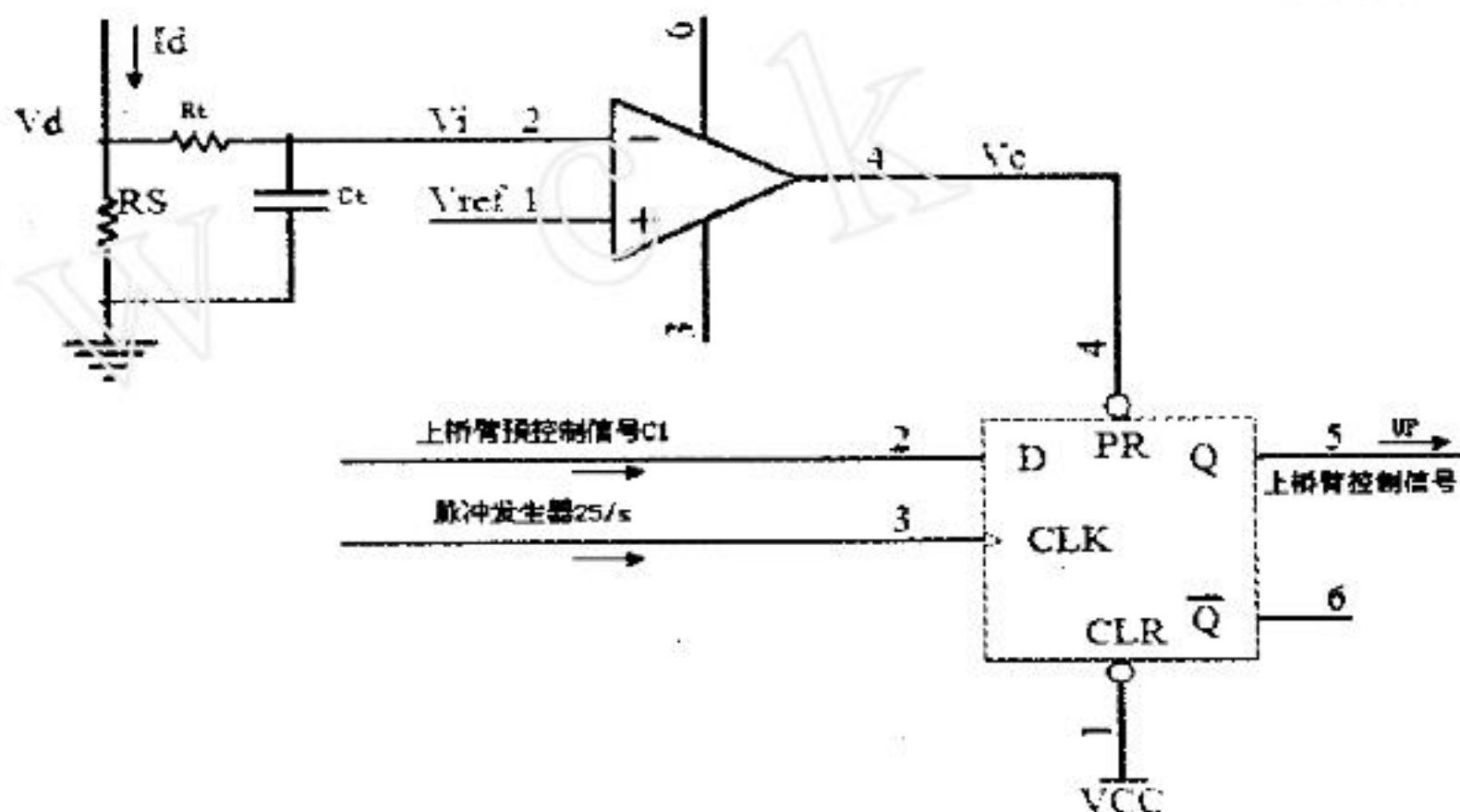


图 5 恒总流控制原理图

为了消除功率管导通关断时由于结电容引起的干扰,对  $V_d$  进行  $R_t C_t$  滤波之后的信号为  $V_i$ ,与基准电压  $V_{ref}$  比较。比较输出接至 D 触发器的 PR 端。当  $I_d$  过大时,比较器输出  $V_c$  为低电平,使上桥臂控制信号输出 UP(D 触发器 Q) 信号为高电平,从而上桥臂的功率管截止,灌入电流的能力丧失。 $I_d$  偏小时, $V_c$  输出高电平,D 触发器的输出为电机的控制逻辑输出。

D 触发器的 CLK 由单片机产生,用 CLK 检测电流反馈信号。 $Q = UP + V_c$ ,用 Q 来控制上桥臂功率管的导通与截止。实质上,图 5 所使的电路是上桥臂恒频斩波、恒总电路控制电路。

#### 4 脉冲分配器的设计

利用 GAL16V8 产生上下桥臂的控制信号,图 6 是 GAL16V8 硬件连接。按照电机的四相 - 五相激励规律,在时序脉冲作用下,时序电路的状态将在 20 个状态中循环,驱动电机运转。选三个控制信号:(1)启动控制信号 RST,当 RST=0 时为停止,RST=1 为启动;(2)正反控制信号 Dir,当 Dir=1 时电机正转,Dir=0 时电机反转;步进电机的转速通过改变时序脉冲的频率 CP 来控制的。

为了能更好的控制上下桥臂信号的状态转换,设计了 GAL 内部的计数器 Timer,两个 GAL 的 Timer 在 CP 下是同步的。在

图 4。

图 4 是其中一相电机驱动电路,脉冲分配器的输出接 UP1 (上桥臂)与 DOWN1(下桥臂),当 UP1 为低电平、DOWN1 为高电平时 Q11 截止,Q13 工作在放大区,Q14 的基极电流为零,Q14 截止。12V 经过 R1 为 Q12 提供基极电流,经功率管 BD241 放大后从 Node-AE 灌入相电流。当 UP1 为高电平、DOWN1 为低电平时,相电流从 Node-AE 流出。当 UP1 和 DOWN1 都为高电平时 Node-AE 处于高阻抗状态。单相灌入电流约为 0.75mA。

当步进电机转动时,电机各相绕组的电感将形成一个反向电动势;频率越高,反向电动势越大。它的作用下,电机随频率(或速度)的增大而相电流减小,从而导致力矩下降。电机绕组产生的反电势通过续流二极管 D1 D2 而衰减掉,从而增强了电机扭矩。

#### 3 恒总流控制电路的设计

图 5 为恒总流控制电路图,将五相电流的流出端一起接检测电阻  $R_s$  后接地, $V_d$  反映的是各相总电流的大小。

Timer 的控制下,上下桥臂信号也在 CP 协调下进行状态转换。表 1 是上下桥臂的逻辑真值表,当 Dir=0 时,脉冲状态由 S1 S10,Dir=1 时则相反。由真值表,很方便的得出各个输出信号的逻辑表达式。

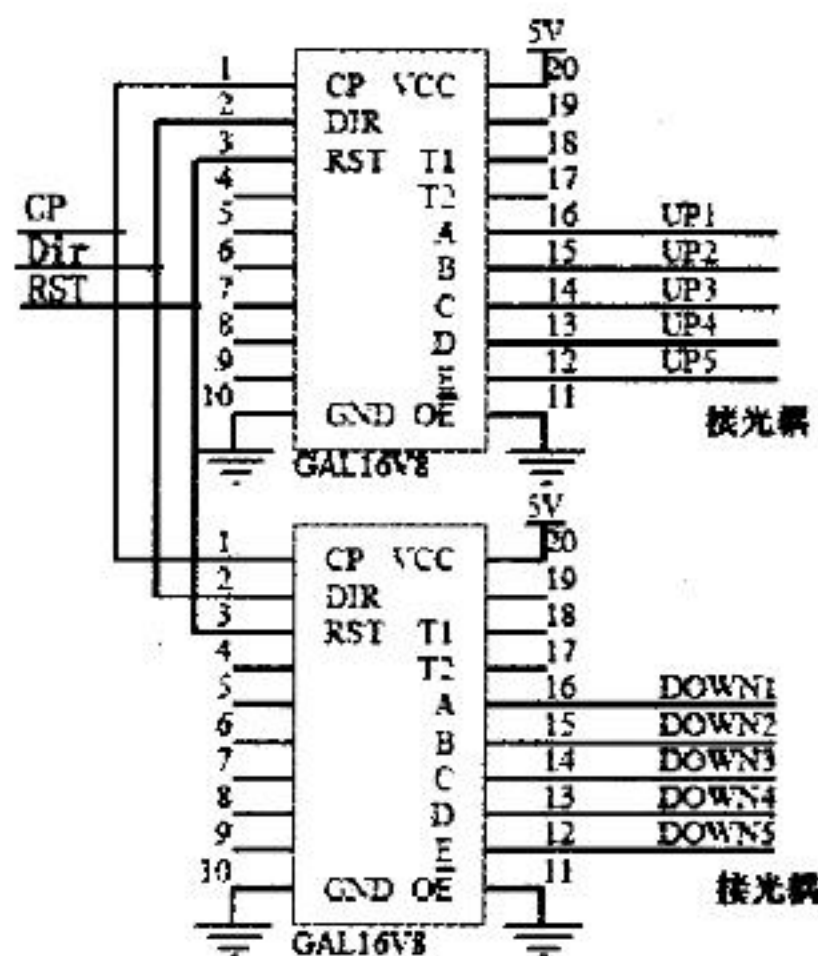


图 6 GAL16V8 硬件连接

表 1 五相步进电机驱动时序表

NO.	U1	U2	U3	U4	U5	U1	U2	U3	U4	U5	Timer
S1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	10
S2	0	1	1	1	0	1	1	0	1	1	11
S3	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	00
S4	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	01
S5	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	10
S6	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	11
S7	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	00
S8	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	01
S9	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	10
S10	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	11
S11	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	00
S12	1	1	0	1	1	0	1	1	1	0	01
S13	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	10
S14	1	1	0	0	1	0	1	1	1	1	11
S15	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	00
S16	1	1	1	0	1	0	0	1	1	1	01
S17	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	10
S18	1	1	1	0	0	1	0	1	1	1	11
S19	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	00
S20	1	1	1	1	0	1	0	0	1	1	01

进行 GAL 编程,硬件描述语言描述是可编程器件设计的一种描述方法,语言描述可能精确和简练地表示电路的逻辑功能,现在在 HDL 的设计过程中广泛使用。常用的硬件描述语言有 ABEL、VHDL 语言等,其中 ABEL 是一种简单的硬件描述语言,其支持布尔方程、真值表、状态机等逻辑描述,适用于计数器、译码器、运算电路、比较器等逻辑功能的描述。采用 ABEL 语言对上桥臂的脉冲分配器进行逻辑功能描述如下:

```
Module Up5Mtor
Title 'Up5Mtor'
Up5Mtor Device 'P16V8R';
Declarations
  Clk,Dir,RST,T1,T2,E,D,C,B,A pin 1,2,3,18,17,16,15,14,
  13,12 istype 'reg';
  Q=[A,B,C,D,E];
Equations
  Q.CLK=Clk;
  .....
END
```

为了检查设计的结果是否正确,可以通过 ABEL 编译仿真软件进行模拟,检查其设计结果是否与设计要求相符。

用 ABEL 编译器对程序进行编译,生成 JED(熔断丝文件)文件,然后用专用的编程器将其烧写至 GAL 器件。

4 结论

五相步进电机及其驱动器构成了电机系统,是很多产品设备中必需的执行机构。而市场上通用的驱动器价格昂贵,于是我们根据控制的要求,自己动手研制了成本低廉、性能可靠的驱动器。此系统已经很好的应用在实际的三维型面检测设备中。该步进电机驱动器具有以下主要特点:

- (1) 驱动器采用 GAL 作为脉冲分配器,用一片便可实现较复杂的时序电路,缩小了控制电器的体积,提高步进电机控制系统的可靠性。而且由于 GAL 的可擦性,使得修改程序灵活方便。
- (2) 仅需要一个电流检测环节,线路简单。
- (3) 采用五相绕组首尾串联的五边形联接方式和四 - 五相激励方式,电机具有良好的可靠性和最大牵出扭矩。

参考文献:

[1] 张永,李存华.五相步进电机五边形绕组驱动新技术[J].电力电子技术,2003,(3):58.  
[2] 康华光.电子技术基础(数字部分)[M].北京:高等教育出版社,2001.300~308.  
[3] 何立民.单片机应用系统设计[M].北京:北京航空航天大学出版社,1990.

作者简介:李志刚(1962 - ),男,连云港职业技术学院工程师。

Five - phase Step Motor Driver Based on GAL  
LI Zi - gang

(Lianyungang Technical College , Lianyungang 222006 , China)

Abstract : The paper introduces a method of five - phase step motor drivers and a pentagon winding link pattern. GAL device is used to produce control signal. The step motor chops by constant frequency and is driven by constant total current. The circuit performance is simple but reliable.

Key Words: five - phase step motor driver; driven by constant total current ; a pentagon winding link pattern ; GAL