



权 利 要 求 书

1、一种闭环测量球感应尺，由机械头和主板两部分组成，机械头包含有标尺、感应线圈、读数头、激磁线圈、钢筒、钢球等，其特征是在机械头上还放置有放大器，该放大器将读数头读取的信号进行放大，四个读数头将一相激磁信在 $0^{\circ} \sim 180^{\circ}$ 和 $90^{\circ} \sim 270^{\circ}$ 进行两相输出，主板包括激磁信号器、前置放大器、S/D 转换器、单片机和 I/O 接口，前置放大器放大后的信号输入到 S/D 转换器中进行处理，之后进入单片机和 I/O 接口；所述的 S/D 转换器包括有高速正余弦乘法器、误差放大器、高频滤波器、相敏解调器、压控振荡器、可逆计数器、锁存器和 D/A 数字接口，由前置放大器处理的两相信号，先输入高速正余弦乘法器，信号相乘后经误差放大器变为误差函数信号，再依次通过高频滤波器、相敏解调器、压控振荡器，最后到达可逆计数器，在可逆计数器中一路返回高速正余弦乘法器，另一路输送到锁存器，进入锁存器的信号一路直接进入单片机进行长度数字输出，另一路通过 D/A 数字接口进入单片机进行速度模拟输出。

2、根据权利要求 1 所述的闭环测量球感应尺，其特征是 S/D 转换器选用 AD2S84 转换芯片。

3、根据权利要求 1 所述的闭环测量球感应尺，其特征是激磁信号器包括激磁信号产生器和激磁信号功率放大器，激磁信号产生器信号输出频率为 2KHz \sim 5KHz，幅度为 2V \sim 5V。

4、根据权利要求 3 所述的闭环测量球感应尺，其特征是激磁信号产生器选用 ICL8038 单片精密函数发生器，激磁信号功率放大器选用 LM380 放大器。



说 明 书

闭环测量球感应尺

本实用新型属于数字长度测量技术，是一种用于伸缩臂的自动控制测量的球感应尺。

球感应尺是一种多级电磁感应式传感元件，由于多级结构的电磁平均作用，所以输出元件精度较高，而安装精度相对较低，调整方便，运行可靠。

在伸缩臂的自动控制测量过程中，普遍采用球感应尺进行伸缩臂长度确定。球感应尺测量系统如图 1 所示，由机械头与主板组成。机械头主要有标尺与读数头两主要部分组成，除此两部分还需要其它附件才能构成完整的测量系统，方可安装到机器上，这些附件包括标尺支架和保护装置等。标尺由一根精密不锈钢筒和内部封装直径为 1/2 英寸的镍铬钢球组成，这些球经过认真分等，以确保钢球磁特性与尺寸的一致性。读数头是矩形铝盒，内含由一刚度大的材料做骨架，表面缠上铜线，加工成多级绕组，可在标尺上滑动。还有滑擦器保持密封以防止液体，铁屑和灰尘进入。在测头内平均分布四个读数头，分别读取四路相差 90 度的信号。当测头绕组内通以正弦电流时，随着定尺相对于测头运动，其读数头读取呈正弦规律变化的电势信号。

现在使用的球感应尺是以单相激磁双相输出倍角检相方式工作，其原理框图见图 2 所示。由振荡器产生振荡的信号，经过系统时钟信号发生器，调整振荡信号。调整的信号在激磁信号发生器中变为测量



用的激磁信号。由于该激磁信号满足不了测量要求，因此，再经信号放大器将激磁信号放大。激磁信号输入到多级绕组，测量过程中由读数头读取信号，读数头读取后在头部输出四路信号合并成一路 HV 信号，再经过一系列的电路处理。由于采用开环方式处理，现有的球感应尺在测量中存在较高的动态测量误差，并且不能进行动态测量，限制其应用在自动控制闭环方式测量中。

本实用新型工作于闭环，采用了单相激磁，双相输出的跟踪鉴幅测量方式，目的是提供一种转换精度高，抗环境干扰能力强，同时在动态测量下具有很大的测量转换速度的闭环测量球感应尺，并提供速度信号且针对单相激磁存在的动态误差，该方式有很好的抑制作用。

本实用新型由机械头和主板构成。机械头中包含有标尺、感应线圈、读数头、激磁线圈、钢筒、钢球和放大器等。主板的构成如图 3 所示，由激磁信号器，前置放大器，S/D 转换器，单片机和 I/O 接口等组成。

本实用新型的激磁信号器产生一相激磁信号，一相激磁信号由读数头读取。四个读数头 $0^\circ \sim 180^\circ$ 和 $90^\circ \sim 270^\circ$ 进行两相读取输出，表达式为：

$$u_s = k_u \cdot u_m \sin \theta \cos \omega t, \quad u_c = k_u \cdot u_m \cos \theta \sin \omega t$$

式中， k_u 为电压传递系数， u_m 为定子绕组感应电势最大值， θ 为相对于零位的转角（电角度）， ω 为激磁电源角频率。

上述两相输出的信号振幅在 mv 量级，在进行 S/D 转换过程中，需要将信号放大至三个数量级，达到 V 量级。因此，本实用新型在



S/D 转换前，利用前置放大器将两相信号 u_s 和 u_c 进入放大处理。经过前置放大器处理的信号，由下式表示：

$u_{si}=k_v \cdot k_u \cdot u_s \cdot \cos \omega t$ ， $u_{ci}=k_v \cdot k_u \cdot u_c \cdot \cos \omega t \cdot \cos \theta$ ，式中 k_v 为放大倍数。

本实用新型的 S/D 转换器由高速正余弦乘法器，误差放大器，高频滤波器，相敏解调器，压控振荡器 (VCO)，可逆计数器，锁存器和 D/A 数字接口等组成。经过前置放大器处理的 u_{si} 和 u_{ci} 输入高速正余弦乘法器中，从高速正余弦乘法器中经过信号相乘以后，进入误差放大器中，得到输入值与输出值之间一个误差函数，再依次通过高频滤波器和相敏解调器，送入压控振荡器，然后到达可逆计数器。在可逆计数器中信号一部分返回到高速正余弦乘法器，形成闭环。另一部分输送到锁存器。在锁存器中分两部分输出，一部分输送到单片机进行长度数字输出，另一部分通过 D/A 接口后进行速度模拟输出。

在经过高速正余弦乘法器时，该乘法器将输出信号 u_{si} 和 u_{ci} 与测量系统输出值 $\overline{\Phi}$ 对应正余弦信号进行相乘，即长度 L 对应的正余弦信号相乘，得到如下信号：

$$u_a=u_{si} \cos \Phi=k_v k_u u_s \cdot \cos \omega t \cdot \sin \theta \cos \overline{\Phi} ,$$

$$u_b=u_{ci} \sin \Phi=k_v k_u u_c \cdot \cos \omega t \cdot \sin \theta \sin \overline{\Phi} .$$

将 u_a ， u_b 送入误差放大器中，可得到输入值与输出值之间的误差函数，针对单相激磁存在的动态误差，利用该误差函数反馈有很好的抑制作用：

$$u_e=k_e(u_a-u_b)=k_e k_v k_u \sin \omega t \cdot \sin(\theta-\Phi)=k \sin \omega t \sin(\theta-\Phi)$$

式中： k 为 $k_0 k_1 k_2 u_n$ 的乘积， k_0 为误差放大器的放大系数

将 u_0 送入高频滤波相敏解调环节后，得到与 $(\theta - \Phi)$ 成正比的误差信号 $\Delta \theta$ ，将相敏解调后的误差信号进行处理后，送入压控振荡器 (VCO)，压控振荡器的输出脉冲加入可逆计数器中，在可逆计数器的输出端得到反映球感应尺长度大小的输出长度信号 L 。

下面根据本实用新型用于装填运输车上伸缩臂位移传感器的闭环控制上，进一步详述本实用新型。

球感应尺的激磁信号的优劣直接影响到其输出信号的性能，进而进一步影响到测量系统，测量精度。若激磁电压存在失真情况下，某谐波电压分成对基波电压成分的比值经过球尺，其输出电压中将于谐波次数成正比增大，即输出电压失真度将大于激磁电压失真度，因而激磁信号必须保证较低失真度。本实用新型要求该信号频率为 2KHz——5KHz 之间，幅度为 2V-5V 之间的正弦波。在该实施例中激励信号产生有以下两部分组成：

低失真度信号产生和低失真度功效的设计。

对于低失真度信号一般利用高精度 RC 网络振荡产生一个失真度很低的正余弦信号，再利用低失真放大器输出。但由于频率值由分立元件决定，稳定性差，若要求稳定性高，一般选用晶振分频滤波方法形成正弦波，由于这种方式产生的波形中存在较大比例谐波分量，因而失真度要求很低时，需要多级滤波来消除，这容易影响输出正弦幅值稳定性。综合考虑选用 ICL8038 单片精密函数发生器来产生正弦波，再经一级低失真度放大器放大输出。整个电路如图 5 所示，为激



磁信号产生电路。由该发生器产生的正弦波幅值为 0.5V~0.8V。

获得低失真度信号后，要考虑低失真度功效设计。

因球感应尺输入电阻仅为 7.2Ω，因此当输入电压幅值为 4V 时，有近 0.6A 电流，必须经功率放大，一般功放后，信号有可能失真。因此选用视频功率放大器 LM380 放大器，如图 6 所示。图 6 表示为激磁信号功率放大器结构图。经功率放大后，激磁信号增大了 4 倍~6 倍。

因为从读数头读取的信号为毫伏量级，因此对前置放大器要求苛刻，必须能放大弱信号，同时具有很强的抗电磁干扰能力。图 7 是本实用新型前置放大器结构示意图。

本实用新型的 S/D 转换器是测量系统电路中关键的部分，其转换精度，转换速度直接影响到测量系统动、静态特性，可以用 AD 公司的 AD2S84 转换芯片，采用 S/D 转换原理，如图 8 所示。

在本实用新型中，由于 A/D 采用跟踪鉴幅式测量方式，是一种增量计数方式，即电角度 0°~360°，芯片完成一次转换，标尺相对于读数头过一球，即 1/2 英寸，利用 A/D 数字信号接口方向信号，周期性时钟输出，输入到单片机系统进行计数，校正，接口。如图 9 所示，单片机完成长度数字输出和速度模拟输出。

本实用新型的优点是动态特性好，对上述实施例进行如下分析。

本系统指标要求量大输入速度 1000mm/s²，加速度常数 $K_A=6 \cdot f_{BW}^2=6.520^2=7.6 \times 10^6$ ，所以其输出测量滞后误差（最大）：

$$\Delta \Phi = \frac{1000 \times 10^3}{1.6 \times 10^6} = 0.625 \mu m$$



其阶跃响应特性如图 10，图中纵坐标表示输出长度值，横坐标表示时间。

它是一条具有一次超调的临界阻尼响应曲线， t_r 为上升时间，其长短取决于转换器最大跟踪速率， t_D 为超调时间。阶跃响应为 t_s 为 t_r 与 t_D 之和，它表示刚施加以后，转换器能够得出精确读数所需时间。

$$T_r = \frac{1}{f_{BW}} \quad t_s = \frac{5}{f_{BW}} \cdot \frac{R}{12} \quad (8)$$

式中 R 为转换值，本系统 R=12

则 t_r 约为 1.9ms， t_s 约为 9.6ms

综上所述，本发明所采用的方法改变了以往球尺动态测量误差大，无法动态使用的问题。

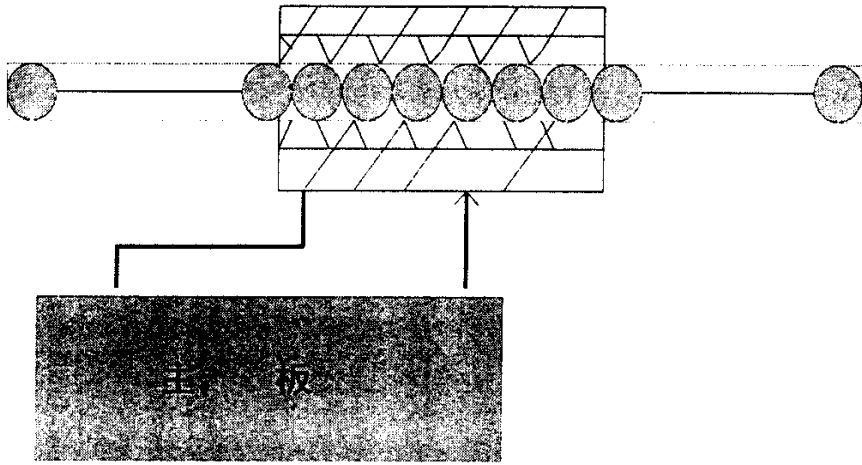


图 1

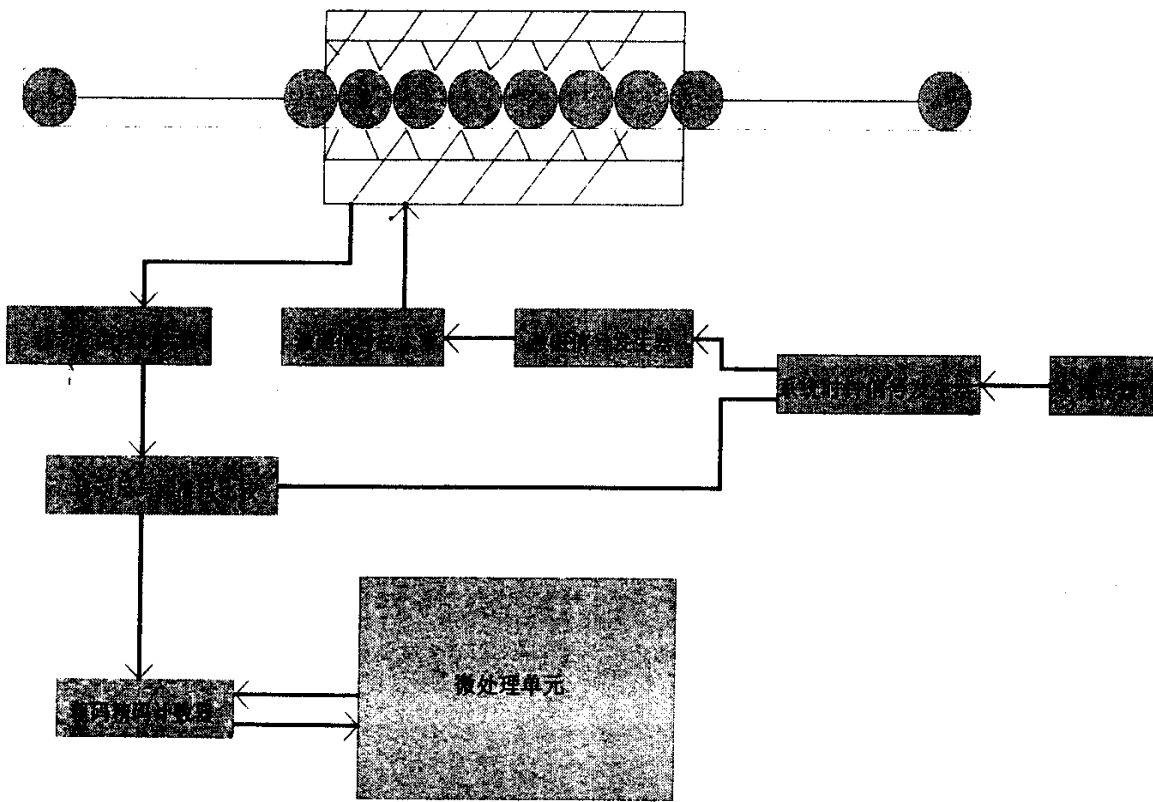


图 2

说明书附图

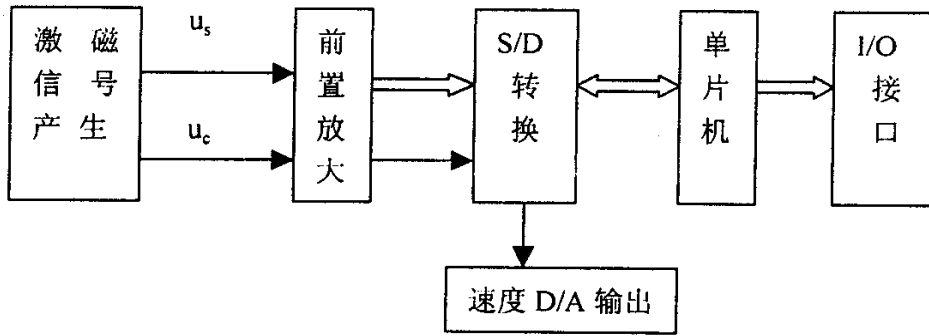


图 3

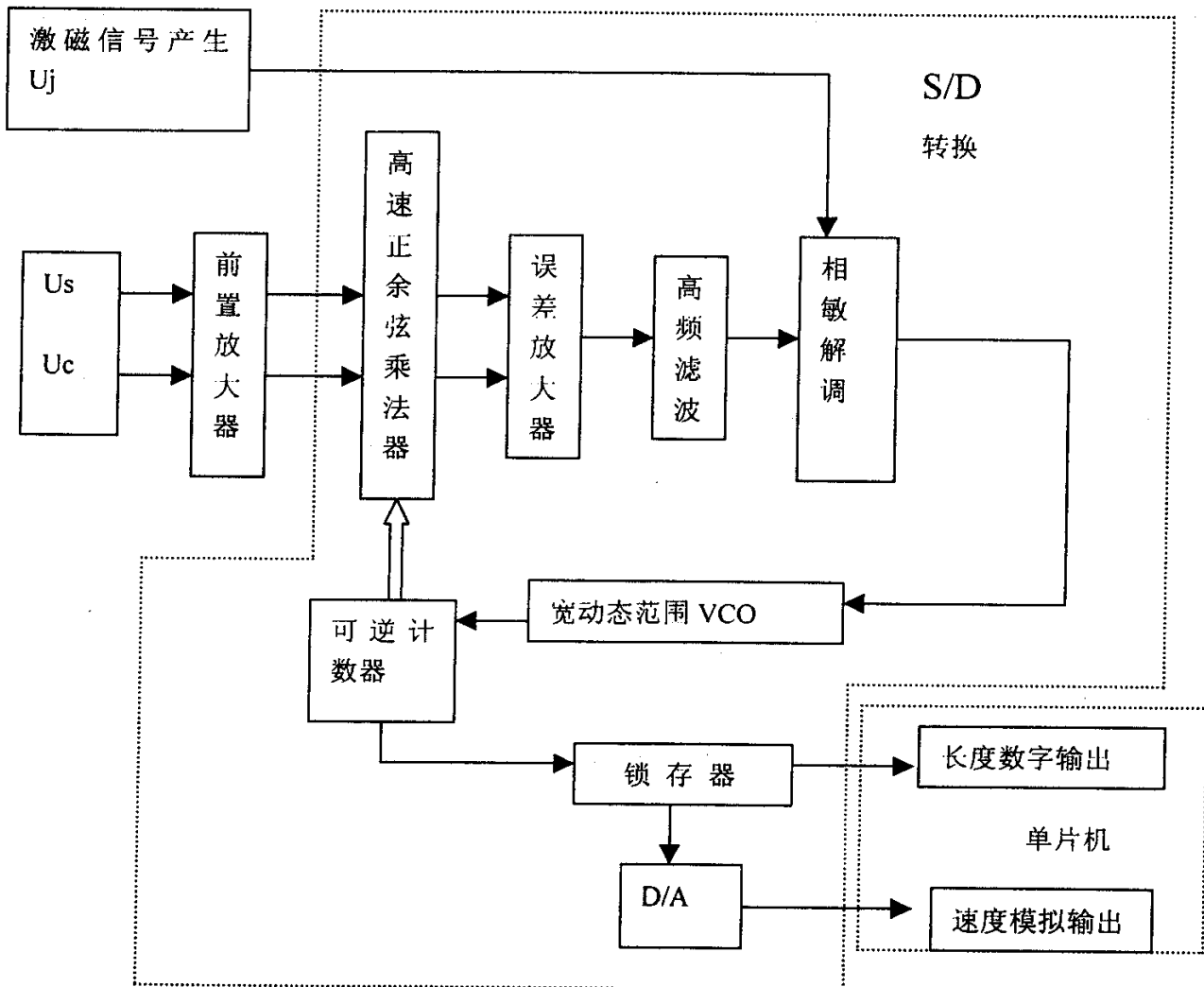


图 4

说明书附图

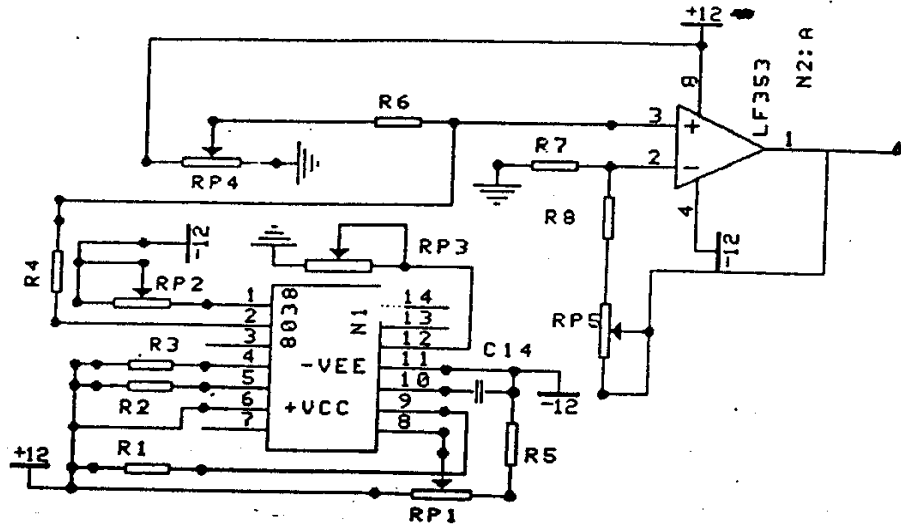


图 5

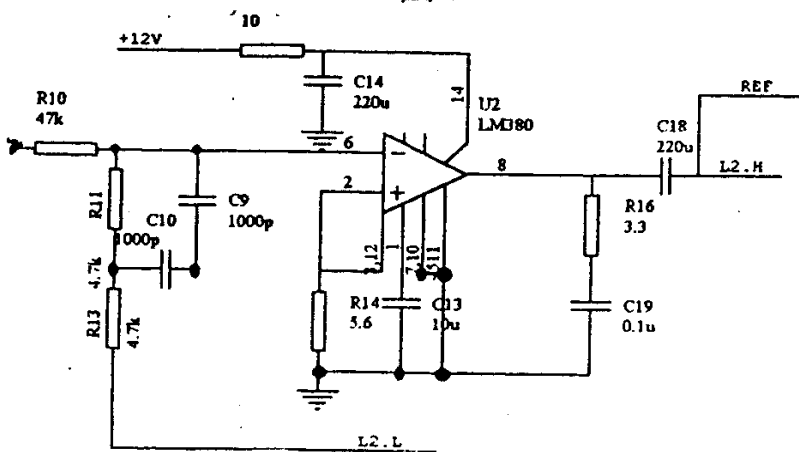


图 6

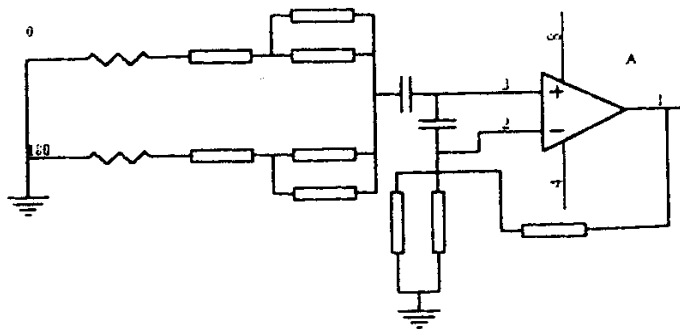


图 7

说明书附图

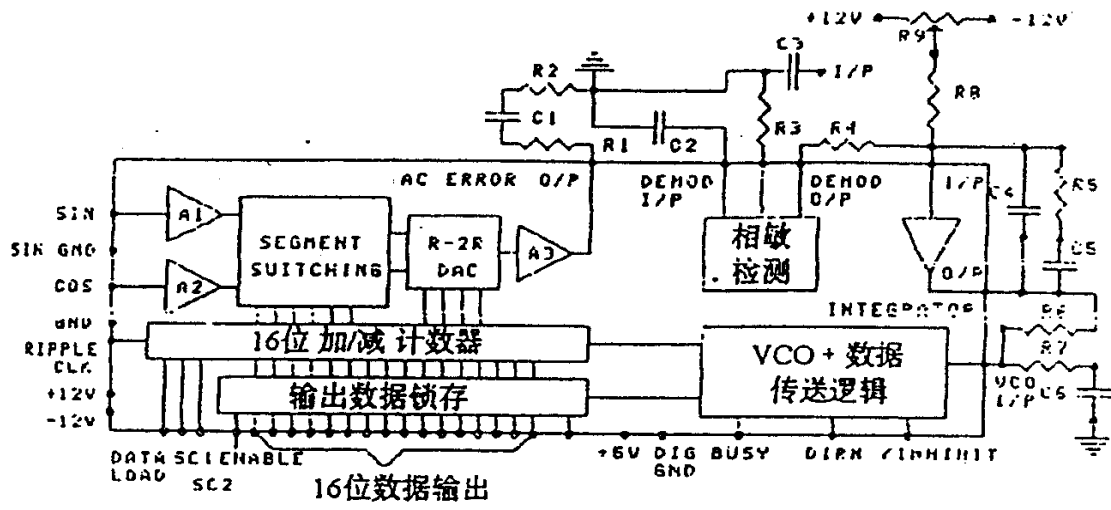


图 8

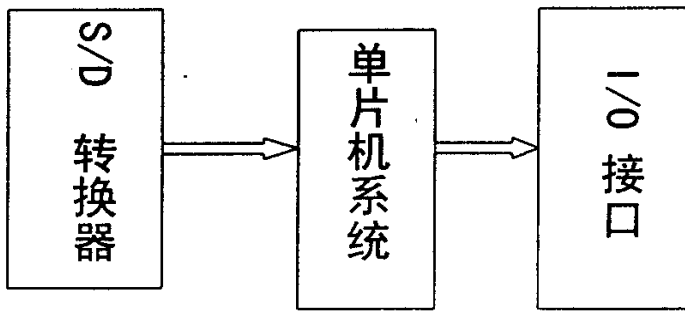


图 9

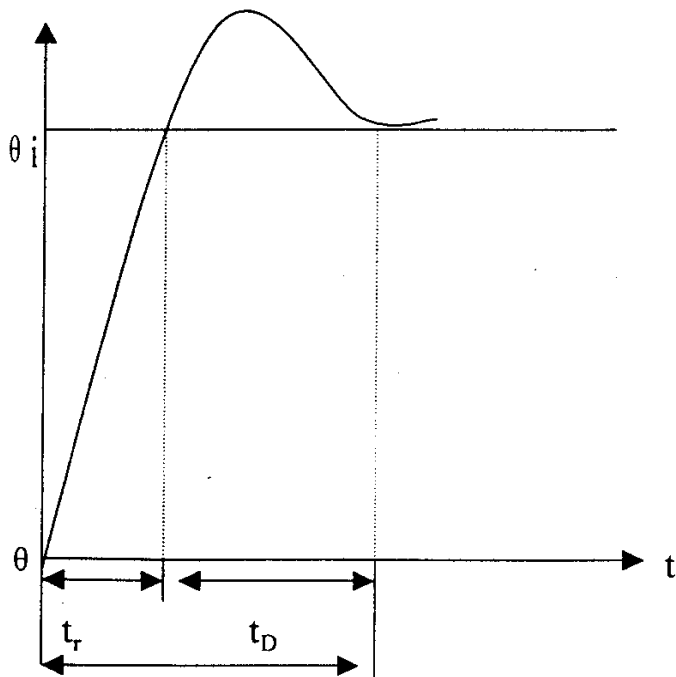


图 10