

# 用锁相式采样法抑制周期性干扰噪声

刘其真  
(复旦大学)

## 摘 要

本文介绍一种对周期性干扰噪声有较强抑制能力的锁相式采样法,论述了该方法的理论依据,并给出了实用锁相控制电路。该电路可以很方便地嵌入通常的数据采集系统。

## 一、引 言

在通常的数据采集系统中,有一类来自电网或系统本身的周期性干扰噪声,这类噪声很难用低噪声器件、电磁屏蔽或接地方法加以消除。共模抑制电路由于本身存在的不对称性,抑制这类噪声的能力亦受到一定限制<sup>[1]</sup>。特别是那些弱信号采集系统,微弱的有用信息与周期性干扰噪声迭加在一起,有的有用信息可能完全被“淹没”。通常采用多次采样求平均值法降低这类噪声。设对某信号采样一次所得噪声为  $N_1$ ,对同一信号采样  $m$  次的平均噪声则为  $N_1$  的  $1/\sqrt{m}$  倍<sup>[2]</sup>,即

$$\sum_{i=1}^m N_i/m = N_1/\sqrt{m}. \quad (1)$$

但这是一种既费时又不能从根本上抑制周期性噪声的方法。本文所介绍的锁相式采样法不仅能从根本上抑制周期性干扰噪声,而且不费时,还具有电路简单、实施方便的特点。

## 二、锁相式采样法的理论依据

为了便于说明问题,不妨以频率不同的三角波分别代表有用信号  $S(t)$  及周期性干扰信号  $N(t)$ ,见图1。其中  $T$  为  $S(t)$  的周期,信号  $P(t) = S(t) + N(t)$ 。

对于多次采样求平均值法来说,每次采样的起始点是随机的,与周期性干扰信号无同步关系。从图1可以看出,如果以某一满足 Nyquist 采样率的固定频率  $f$  对  $P(t)$  采样,设第1、2、3次采样分别从  $t_1$ 、 $t_2$ 、 $t_3$  时刻所对应的相位开始,且每次均采样  $(T \cdot f)$  点,由于这三次采样所对应的  $P(t)$  波形的相位区间不同,其波形情况不一致,因而其采样量化序列对应点的平均值不能很好地反映  $S(t)$  的真实情况,所以采用多次采样求平均值法难以从根本上排除周期性干扰噪声的影响。

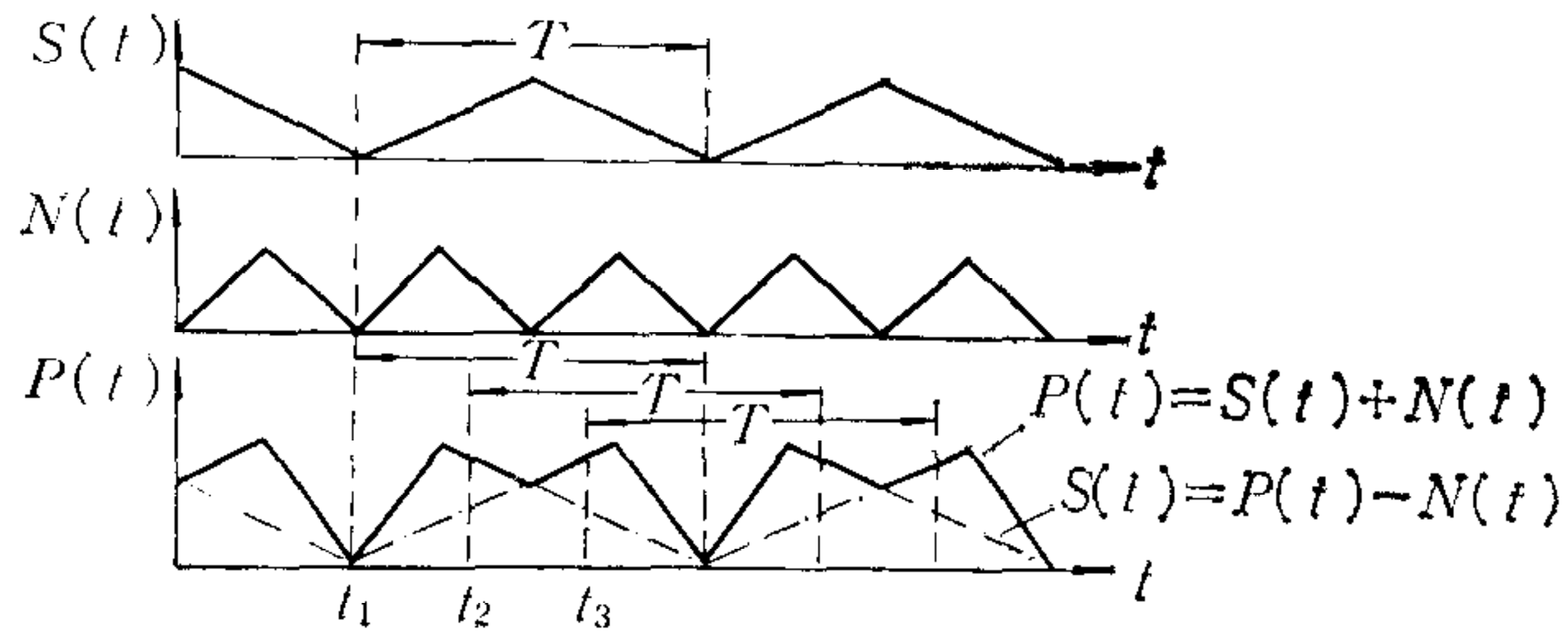


图 1 有用信号与周期性干扰噪声迭加波形图

锁相式采样法就是把采样的起始点锁定在干扰信号的某一相位点上，先在不加入有用信号的情况下进行预采样，设采样所得数组是  $A$ ，

$$A = \{a_1, a_2, a_3, \dots, a_n\}. \tag{2}$$

将数组  $A$  作为本底信号存入计算机内存，然后加入有用信号进行正式采样，正式采样和预采样的起始相位相同。设正式采样得到数组  $B$ 。

$$B = \{b_1, b_2, b_3, \dots, b_n\}, \tag{3}$$

然后再由计算机求得数组  $C$ ，

$$C = B - A = \{C_i, c_i = b_i - a_i, i = 1, 2, \dots, n\}. \tag{4}$$

显然，数组  $A, B$  分别是对采样期间信号  $N(t)$  和  $P(t)$  的描述，因两次采样起始于  $N(t)$  的同一相位，所以由它们的差组成的数组  $C$  排除了噪声信号  $N(t)$  的影响，如实地反映了采样期间  $S(t)$  所提供的信息。

### 三、锁相式采样控制电路

锁相式采样控制电路框图如图 2 所示。对于一般的数据采集系统，只须将采样起动电位(或脉冲)置于图 2 所示电路的控制之下即可使系统工作于锁相采样方式。

在通常的数据采集系统中，较多的是工频 50Hz、稳压电源 100Hz 纹波或其他 50Hz 的倍频干扰，在这种情况下，只须将 50Hz 工频电源作为干扰源，并对之取样就可以了。图 3 即为抑制 50Hz 及其倍频干扰的实用控制电路。

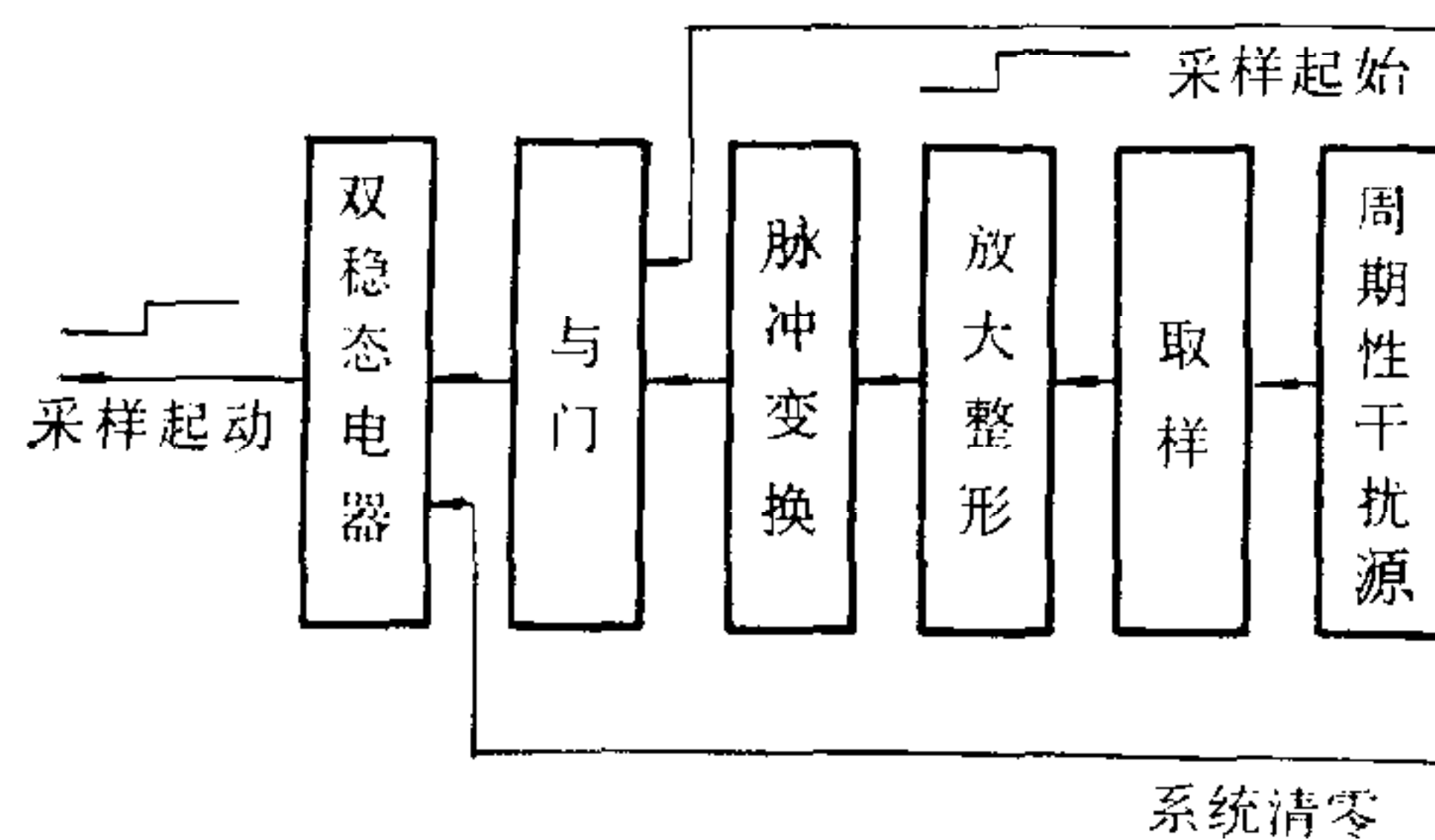


图 2 锁相式采样控制电路框图

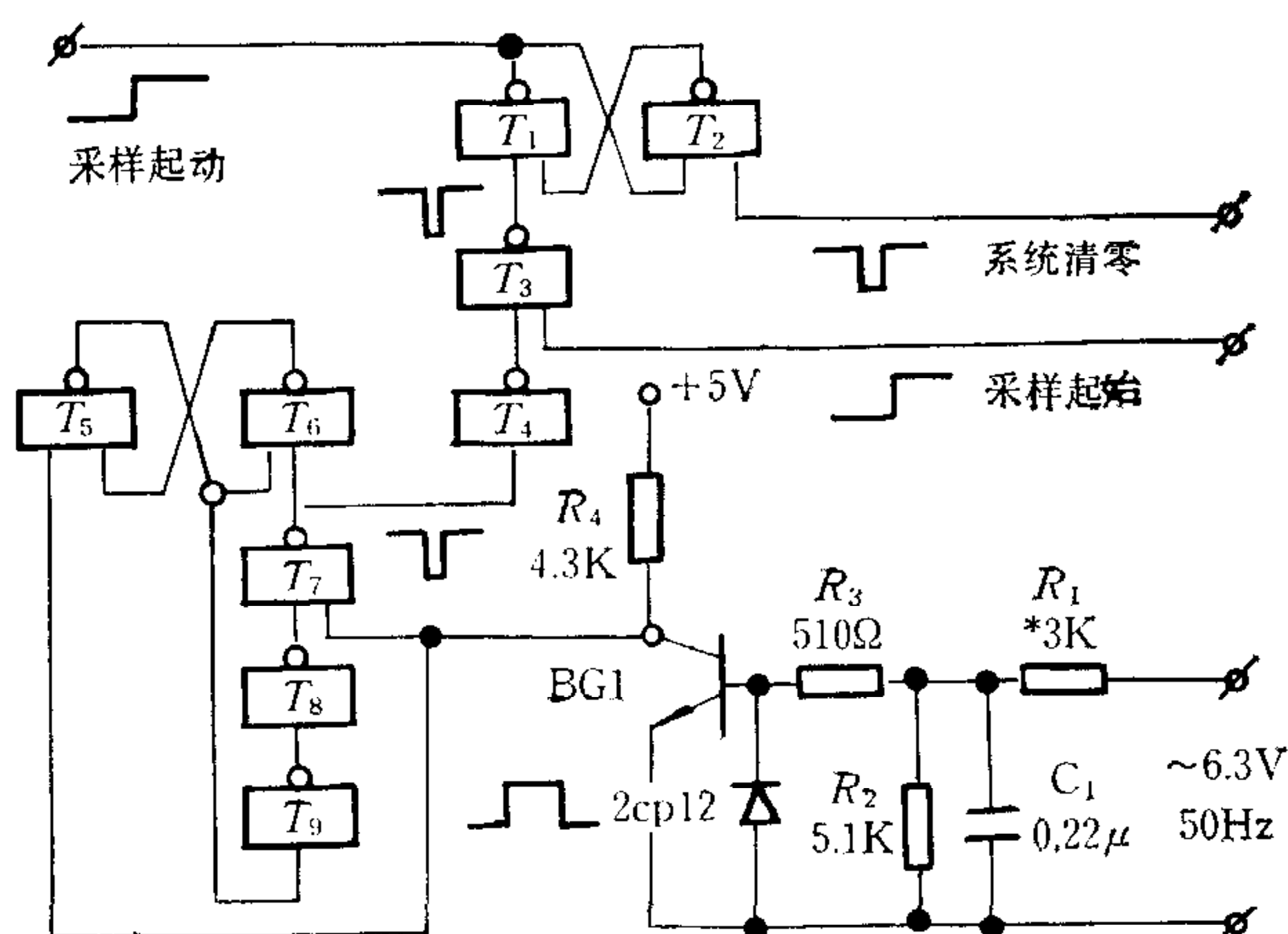


图3 抑制 50Hz 及其倍频干扰的锁相式采样控制电路

## 四、效 果

多次采样求平均值法和锁相式采样法对比实验的结果证实后者具有较强的抑制周期性干扰噪声的能力。实验是在一个存在较严重的 100Hz 周期性纹波干扰的数据采集系统<sup>[3]</sup>中进行的。在不加入锁相控制电路的情况下，采样一次和九次分别测得系统暗噪声数值为 244 和 79；加入锁相式采样控制电路后，采样一次测得系统的暗噪声值仅为 9，其降低周期性干扰噪声的能力比多次采样法采样九次求平均值的效果提高 7 倍以上，并且节约了大量重复采样时间，避免了多次采样法需长时间保持被采样信号的麻烦。

## 参 考 文 献

- [1] 复旦大学物理系编，半导体线路(上)，上海人民出版社(1977年)，125—127。
- [2] 费朗松，M.，光学——象的形成和处理，北京工业学院光学教研室译，科学出版社(1979年)，142—144。
- [3] 何永保、刘其真等，光学功率谱采样输入系统及其应用，自动化学报，10(1984年)，80—84。

# CYCLICAL NOISE RESTRICTION BY LOCKING SAMPLING

LIU QIZHEN

(Fudan University)

## ABSTRACT

In this paper, the method of locking sampling for cyclical noise restriction is proposed. The idea of the method is discussed, and the circuit is also given. The circuit can be inserted into the usual data collecting system easily.