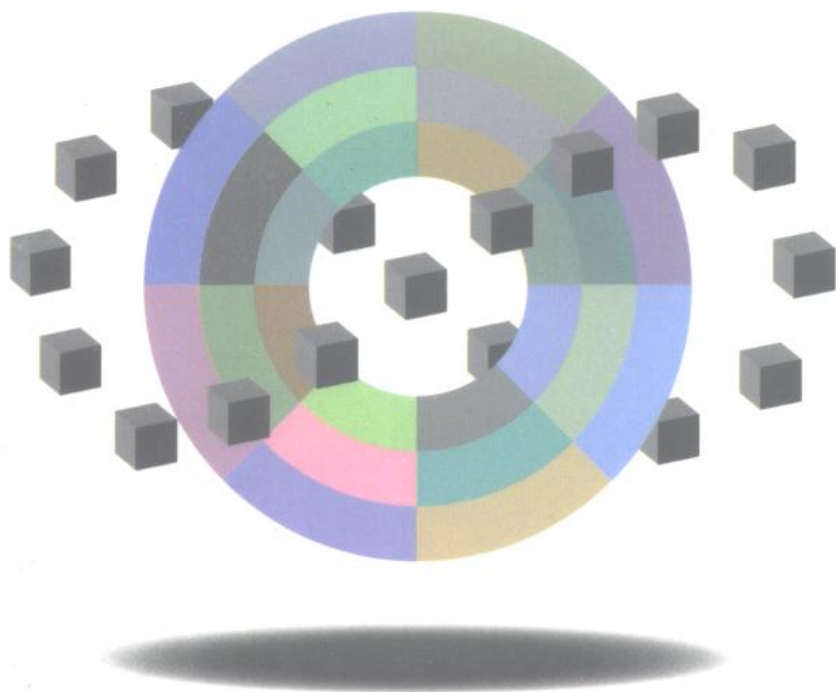


图解机电一体化入门系列

# 接口电路入门

(日) 雨宫好文 主编 藤原 修 著



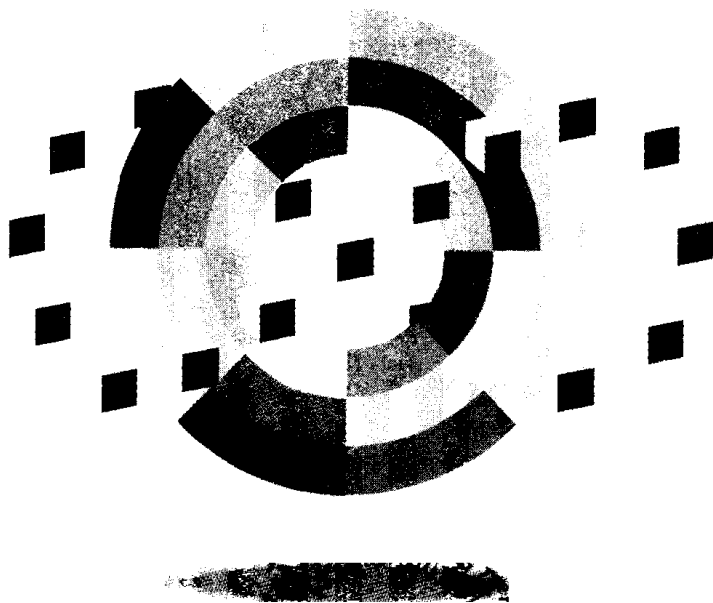
科学出版社 OHM社

图解

机电一体化入门系列

# 接口电路入门

[日] 雨宫好文 主编 藤原 修 著  
张家齐 译



科学出版社 机械工业出版社

2000 北京

图字：01 - 1999 - 2934 号

Original Japanese edition

Zukai Mekatoronikusu Nyuumon Shiriiizu: Intaafaisu no Denshikairo Nyuumon (Kaitei  
2 - han)

Supervised by Yoshifumi Amemiya

Written by Osamu Fujiwara

Copyright © 1999 by Osamu Fujiwara

published by Ohmsha, Ltd.

This Chinese language edition is co-published by Ohmsha, Ltd. and Science Press.

Copyright © 1999

All rights reserved.

本书中文版版权为科学出版社和 OHM 社所共有

圖解メカトロニクス入門シリーズ

インタフェースの電子回路入門

藤原 修 オーム社 1999 改訂2版第1刷

图书在版编目(CIP)数据

接口电路入门/(日)藤原修著;张家齐译.-北京:科学出版社,2000

ISBN 7-03-008050-5

I. 接… II. ①藤… ②张… III. 接口电路-基本知识- IV. TN79

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 66655 号

科学出版社 OHM 社 出版

北京东黄城根北街16号 邮政编码:100717

北京东方科龙电脑图文制作有限公司制作

中国科学院印刷厂 印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

2000年1月第一版 开本:889×1194 1/32

2000年1月第一次印刷 印张:5 3/4

印数:1-5 000 字数:149 000

定价:17.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈北燕〉)

## 主编的话

图解机电一体化入门系列是从 1983 年开始出版的。

当时，机电一体化一词刚刚被社会认可。机械工程技术人员都有一种“不学习电子技术，就会落后于时代……”的危机感，每次举办讲座都是座无虚席。

“对于初学者来说，学习哪些内容能最有效？”，针对这一问题，我们进行了研究。在确定了以此为本套丛书的编写方针后，我们进行了相应的选题。事实证明，我们的预见是正确的。从那时起至今十几年，这套丛书还继续受到读者的喜爱，读者至今已超过 10 万。

这次，我们根据读者提出的各种建议，对本套丛书进行了修订，改版后奉献给大家。这次改版，除了对上版中的内容进行了详细地修订外，为方便读者的学习，还在各章结尾处添加了本章要点和练习题等内容。

在这次改版的过程中，我们还讨论了在本套丛书中应融入多少机电一体化领域最新进展的问题。其结果，我们认为本套丛书还应继续保持“面向初学者”这一有特色的编写方针，将那些属于机电一体化“后续课程”的内容，让位于市面上正在推出的其它参考书。

本次改版的有以下 8 本书，希望能满足您的学习要求。

- |                    |             |
|--------------------|-------------|
| (1) 传感器入门          | (2) 控制用微机入门 |
| (3) 控制用电机入门        | (4) 机器人控制入门 |
| (5) 数字控制入门         | (6) 信号处理入门  |
| (7) CAD/CAM/CAE 入门 | (8) 接口电路入门  |

雨宫好文

# 前 言

本书是为那些初涉机械电子领域的机械技术人员和初学电子电路的工程技术人员而写作的。在机电一体化中,机械电子化的关键是电子电路,它将从传感器得到的电气信号进行放大或运算等必要处理,然后传给控制用电机。

在本书中,我们认为机电一体化中的核心电路是传感器与控制用电机之间的接口电路,故从基础开始详述了必要的信号处理方法。特别是对于机械电子信号处理中不可缺少的 IC,采用了以实际中广为使用的运算放大器和 TTL 为例,以掌握它们本身所具有的技术为目标进行了叙述。对于从现在起想学习电子电路的工程技术人员来说,与其从基础知识学起,不如从结合自身应用入手,掌握所用的 IC 的使用方法和 IC 的特有性能效果会更好一些。本书对那些非电气、电子系统的工程技术人员在自学使用各种 IC 方面有所裨益的话,作者将为此感到欣慰。

在本书的写作过程中,参考了多种书籍与杂志,在此,向这些作者表示由衷的感谢。

最后,对给予本书写作机会,并从阅读原稿到最后校订过程中一直不吝赐教的恩师雨宫好文先生表示深深的谢意。此外,对画出更好表示各章主题的题图的竹内佳子女士,以及在本书出版中给予极大帮助的欧姆社(OHMSHA)的各位,致以诚挚谢意。

藤原 修

# 目 录

## 第 1 章 检测电路

|                        |    |
|------------------------|----|
| 1.1 传感器信号的检测 .....     | 11 |
| 1.2 将电阻变化转换成电压信号 ..... | 12 |
| 1.3 提高电桥电路的检测灵敏度 ..... | 14 |
| 本章要点 .....             | 16 |
| 练习题 .....              | 16 |

## 第 2 章 放大电路

|                       |    |
|-----------------------|----|
| 2.1 信号的放大 .....       | 17 |
| 2.2 运算放大器 .....       | 19 |
| 2.3 运算放大器的基本操作 .....  | 20 |
| 2.4 运算放大器的特性 .....    | 21 |
| 2.5 使运算放大器稳定地工作 ..... | 23 |
| 2.6 各种放大电路 .....      | 26 |
| 2.6.1 非反相放大电路 .....   | 26 |
| 2.6.2 电压跟随器 .....     | 28 |
| 2.6.3 差动放大电路 .....    | 29 |
| 本章要点 .....            | 30 |
| 练习题 .....             | 31 |

## 第 3 章 运算电路

|                      |    |
|----------------------|----|
| 3.1 信号的运算 .....      | 33 |
| 3.2 用运算放大器进行运算 ..... | 34 |
| 3.2.1 加法电路 .....     | 34 |

|       |                       |    |
|-------|-----------------------|----|
| 3.2.2 | 同时执行加法和减法的电路          | 35 |
| 3.2.3 | 积分电路                  | 36 |
| 3.3   | 用运算放大器进行信号处理          | 38 |
| 3.3.1 | 比较信号电压的大小             | 38 |
| 3.3.2 | 在负载中流过与信号电压成比例<br>的电流 | 39 |
| 3.3.3 | 仅取出信号电压中的低频成分         | 40 |
|       | 本章要点                  | 44 |
|       | 练习题                   | 44 |

## 第4章 脉冲电路

|       |                         |    |
|-------|-------------------------|----|
| 4.1   | 脉冲信号                    | 45 |
| 4.2   | 二极管脉冲电路                 | 47 |
| 4.2.1 | 二极管                     | 47 |
| 4.2.2 | 只在输入信号超过某一电平时才<br>输出的电路 | 48 |
| 4.2.3 | 截取部分输入信号的输出电路           | 49 |
| 4.3   | 晶体管脉冲电路                 | 52 |
| 4.3.1 | 晶体管                     | 52 |
| 4.3.2 | 将脉冲的“有”、“无”反相输出的<br>电路  | 56 |
| 4.3.3 | 复原失真脉冲信号的电路             | 57 |
|       | 本章要点                    | 59 |
|       | 练习题                     | 60 |

## 第5章 数字逻辑电路

|       |           |    |
|-------|-----------|----|
| 5.1   | 数字信号      | 61 |
| 5.2   | 数字信号的产生   | 62 |
| 5.3   | 用逻辑电路进行运算 | 64 |
| 5.3.1 | 数字信号的运算   | 64 |

|       |               |    |
|-------|---------------|----|
| 5.3.2 | 逻辑电路的基本操作     | 66 |
| 5.3.3 | 启动逻辑电路        | 70 |
| 5.3.4 | 逻辑电路的操作       | 70 |
| 5.4   | 各种逻辑电路        | 75 |
| 5.4.1 | NOR 和 NAND 电路 | 75 |
| 5.4.2 | 重合电路          | 80 |
| 5.4.3 | 加法电路          | 84 |
|       | 本章要点          | 87 |
|       | 练习题           | 88 |

## 第 6 章 IC 逻辑电路

|       |                 |     |
|-------|-----------------|-----|
| 6.1   | 数字 IC           | 89  |
| 6.2   | 驱动 IC 门         | 92  |
| 6.3   | IC 门的使用方法       | 94  |
| 6.3.1 | NOT 电路的制作       | 94  |
| 6.3.2 | 多输入 NAND 电路的制作  | 95  |
| 6.3.3 | 连线逻辑电路的制作       | 99  |
| 6.4   | 用 IC 门制作逻辑电路    | 103 |
| 6.4.1 | 选择多个输入信号中的一个    | 103 |
| 6.4.2 | 将 BCD 符号转换为十进制数 | 105 |
| 6.4.3 | 二进制数大小的比较       | 109 |
| 6.5   | IC 门的电气特性       | 109 |
| 6.5.1 | 输入/输出电压         | 109 |
| 6.5.2 | 输入电流            | 111 |
| 6.5.3 | 输出电流            | 112 |
|       | 本章要点            | 117 |
|       | 练习题             | 117 |

## 第 7 章 存储电路

|     |       |     |
|-----|-------|-----|
| 7.1 | 信号的存储 | 119 |
|-----|-------|-----|



|       |                  |     |
|-------|------------------|-----|
| 7.2   | 存储电路的制作          | 121 |
| 7.3   | 触发器              | 122 |
| 7.4   | RS 触发器的操作        | 124 |
| 7.5   | 在 RS 触发器上组合入逻辑电路 | 125 |
| 7.6   | 各种触发器            | 127 |
| 7.6.1 | RST 触发器          | 127 |
| 7.6.2 | D 触发器            | 129 |
| 7.6.3 | JK 触发器           | 130 |
| 7.6.4 | 边沿型 D 触发器        | 134 |
|       | 本章要点             | 136 |
|       | 练习题              | 137 |

## 第 8 章 计数电路

|     |        |     |
|-----|--------|-----|
| 8.1 | 信号的计数  | 139 |
| 8.2 | 计数器的制作 | 140 |
| 8.3 | 预置计数器  | 143 |
| 8.4 | 十进制计数器 | 143 |
| 8.5 | 同步计数器  | 147 |
|     | 本章要点   | 149 |
|     | 练习题    | 149 |

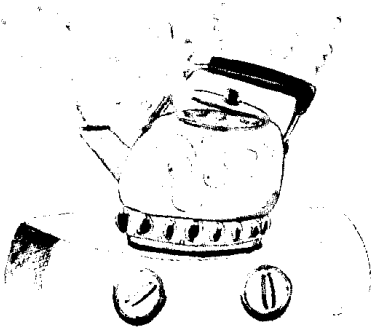
## 第 9 章 信号转换电路

|       |             |     |
|-------|-------------|-----|
| 9.1   | 模拟与数字信号的转换  | 151 |
| 9.2   | A/D 转换的实现   | 153 |
| 9.2.1 | A/D 转换方法    | 153 |
| 9.2.2 | 计数型 A/D 转换器 | 155 |
| 9.2.3 | 比较型 A/D 转换器 | 155 |
| 9.3   | D/A 转换的实现   | 157 |
| 9.3.1 | D/A 转换方法    | 157 |
| 9.3.2 | 加权电阻型加法电路   | 160 |

|                       |     |
|-----------------------|-----|
| 9.3.3 梯形电阻型加法电路 ..... | 160 |
| 本章要点 .....            | 163 |
| 练习题 .....             | 163 |
| <br>                  |     |
| 练习题答案 .....           | 165 |



# 检测电路



## 1.1 传感器信号的检测

传感器是将温度、压力、流量等工业量转换成电压、电流等电量的元件。与其说传感器是将接收到的工业量的某种变化直接转换为电压等电气信号，不如说更多的是随着工业量的变化而引起元件的电阻、电容等阻抗发生变化。例如，温度传感器有随着温度的变化而产生电动势的热电偶和电阻值发生变化的热敏电阻。将这类传感器导入如放大电路等电子电路中，便成为图 1.1 所示

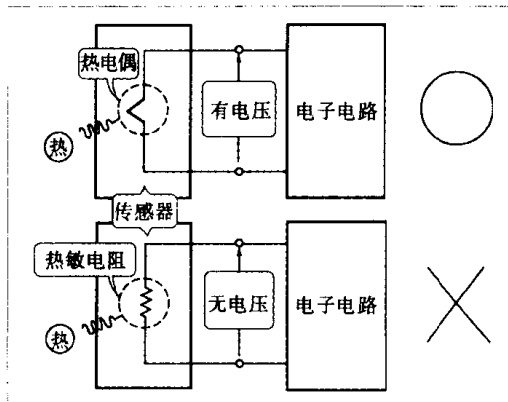


图 1.1 将传感器的输出传送给电子电路

的那样。由于热电偶产生电动势,所以电子电路启动。而热敏电阻不产生电动势,故电子电路不启动。热电偶可以直接将输出引入电子线路,而热敏电阻却不能(图 1.1)。因此,为了得到从传感器来的电压信号,必须有一种将元件电阻变化转换为电压信号变化的专用电子电路(图 1.2)。这个电路称之为传感器检测电路。检测电路是一个重要的接口,它能把传感器阻抗的细微变化都转换成电压信号的变化,并传送给电子电路。

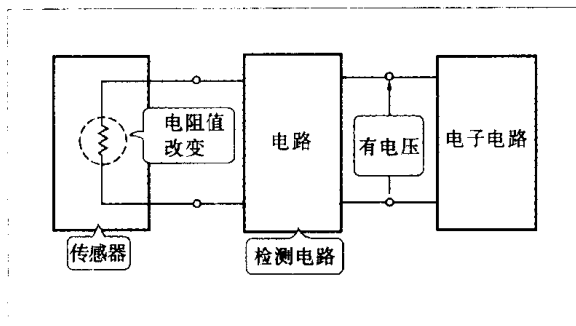


图 1.2 用检测电路将传感器的电阻变化转换成电压信号

## 1.2 将电阻变化转换成电压信号

温度传感器的热敏电阻、压力传感器的应变线等,分别随温度或压力的变化而改变传感器的电阻值。那么,电阻值变化到什么程度电压信号才发生变化呢?根据欧姆定律,只要电阻中有电流通过,在电阻的两端便出现电压。图 1.3 便是利用这个定律的

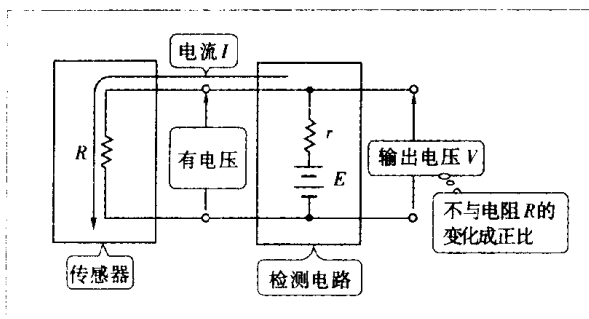


图 1.3 最简单的检测电路

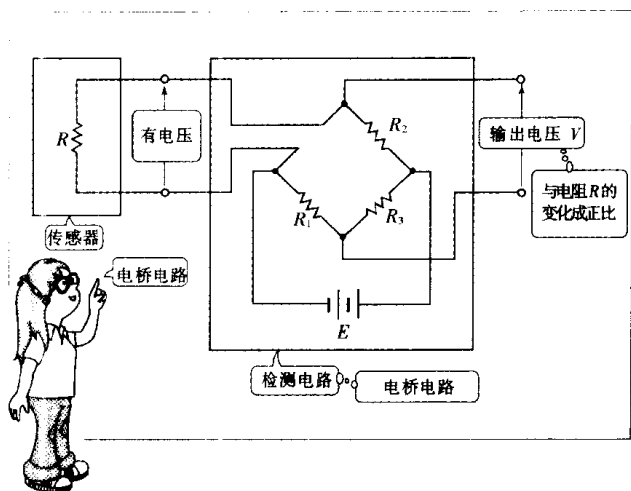


图 1.4 使用电桥电路的检测电路

电路。

电流  $I$  从直流电源  $E$  发出, 经过电阻  $r$ , 流到传感器中, 将其两端电压  $V$  作为输出信号取出。由于传感器的电阻  $R$  变化时, 通过它的电流也发生变化, 在输出端上便出现随电阻变化而变化的电压。但是, 该图的电路并没有输出与传感器电阻变化成比例的电压。图 1.4 改善了 this 差异。下面说明由于使用了电桥电路, 在输出端直接得到与电阻变化成比例的电压的原因。

在图 1.4 的电路中, 输出电压  $V$  为

$$\begin{aligned} V &= \left( \frac{R}{R+R_2} - \frac{R_1}{R_1+R_3} \right) E \\ &= \frac{RR_3 - R_1R_2}{(R+R_2)(R_1+R_3)} E \end{aligned} \quad (1.1)$$

传感器电阻值为  $R_0$  时, 若选择电桥臂的各电阻为  $R_0R_3 = R_1R_2$  (这个关系式称之为电桥电路平衡条件), 则电桥电路的输出电压  $V$  为 0。然后, 随着温度或压力的变化, 传感器的电阻值  $R$  变为  $R = R_0 + \Delta R$  ( $\Delta R$  远远小于  $R_0$ ) 时, 电桥电路的平衡被破坏, 在输出端上出现电压。若用平衡条件将  $R = R_0 + \Delta R$  代入式 (1.1), 则这个电压  $V$  为

$$V = \frac{1}{(1 + R_2/R_0)(1 + R_1/R_3)} \frac{\Delta R}{R_0} E \quad (1.2)$$

变为与传感器电阻变化成比例的值。

这样,由于电桥电路输出与传感器电阻变化直接成正比的电压,所以经常被用在检测电路中。

### 1.3 提高电桥电路的检测灵敏度

在电桥电路的输出端出现与传感器的电阻变化成比例的电压。这个比例系数称之为电桥电路的**检测灵敏度**。通常都希望得到更高的检测灵敏度。为了提高电桥电路的检测灵敏度,我们来作以下的分析:



设图 1.4 电桥电路的检测灵敏度为  $S$ , 则由式(1.2)得出

$$S = \frac{1}{(1 + R_2/R_0)(1 + R_1/R_3)} \frac{E}{R_0} \quad (1.3)$$

若电源电压  $E$  和传感器的电阻值  $R_0$  为一固定值, 则检测灵敏度  $S$  只依赖于电桥电路臂的各电阻值。这样,若  $x = R_2/R_0 = R_3/R_1$  (按照平衡条件  $R_3/R_1 = R_2/R_0$ ), 则式(1.3)变为

$$S = \frac{x}{(1+x)^2} \frac{E}{R_0} \quad (1.4)$$

用式(1.4)计算  $x$  与  $(R_0/E)S$  的关系, 便得到图 1.5 所示的曲线关系, 当  $x = 1$  时,  $S$  为最大。因此, 为了使电桥电路的检测灵敏度最大, 最好选择桥臂的各电阻值为  $R_2 = R_0, R_3 = R_1$ 。这便是图 1.6 的电路。图中桥臂电阻  $R_0$  采用了实际电桥电路中与检测传感器同类的传感器。这个传感器不是用于工业量的检测, 而是被置于固定环境下, 以使电阻值始终保持为  $R_0$ 。这样的传感器叫做**虚传感器**。

此外, 还可以把图 1.6 的直流电源换成交流电源, 这样的电路便称为**交流电桥电路**。使用交流电桥电路时, 不但可以将电阻的变化转换成电压信号, 还可以将电容、电感等阻抗的变化也都转换为电压信号。

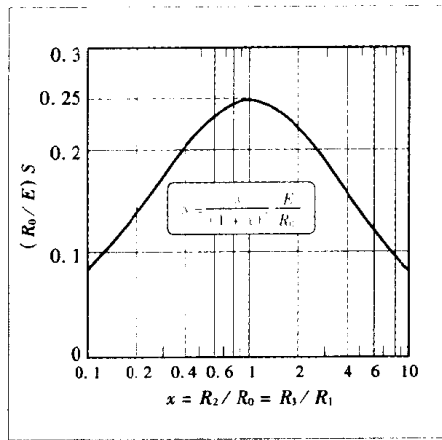


图 1.5 电桥臂的电阻比与检测灵敏度的关系

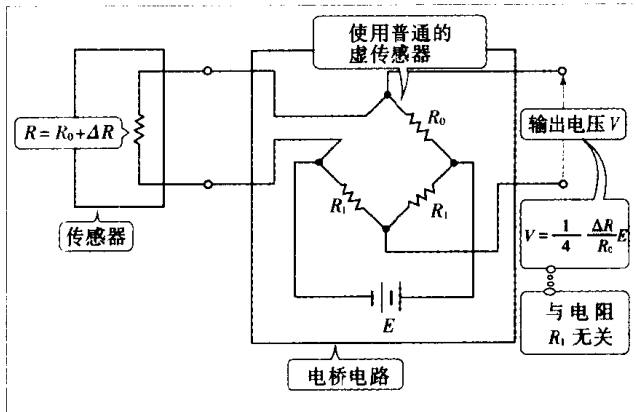


图 1.6 检测灵敏度最高的电桥电路

🔗 举例 气体传感器检测电路 🔗

气体传感器用于城市中的煤气、LP气等气体漏泄报警器。这种传感器用载有催化剂的铂线制作。使用时，通过数百 mA 的电流，预先将传感器加热到 200 ~ 400℃。以这种状态接触可燃性气体，借助于催化剂的作用，使传感器发热，温度急速上升。由于传感器的热量与气体浓度成正比，若测出铂线电阻由于温度上升而引起的变化，便可知气体的浓度。

图 1.7(a) 所示为使用上述传感器的检测电路的例子。图 (b) 为这种电路与各种气体浓度对应的输出电压。



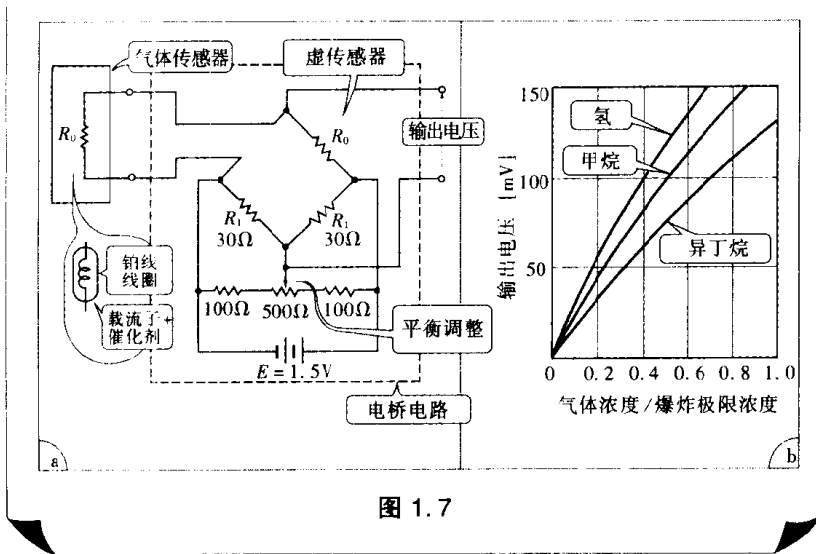


图 1.7

### 本章要点

- (1) 所谓传感器，就是将工业量转换成电量的元件。
- (2) 传感器常常是将工业量的变化转换成电阻值或电容值。
- (3) 所谓检测电路就是将传感器元件的阻抗变化转换成电压变化的电路。
- (4) 为输出与传感元件阻抗变化成正比的电压，可采用电桥电路。

### ◆ ◇ 练习题 ◇ ◆

- [1] 推导式(1.1)。
- [2] 推导式(1.2)。
- [3] 在图 1.4 中,若电源  $E$  具有内阻  $r$ ,式(1.1)将如何变化?
- [4] 此时,式(1.2)将如何变化?
- [5] 另外,使灵敏度  $S$  为最大的条件是什么?