



# 电子技术基础的教学改革和 大学生创新实践能力的培养

哈尔滨工业大学

蔡惟铮

2013.12 南京



# 报告的主要内容

---

1. 模拟电子技术基础的教学改革
2. 关于大学生实践创新能力培养的几个观点
3. 黑龙江赛区TI杯竞赛简介和一些想法



# 1. 模拟电子技术基础的教学改革

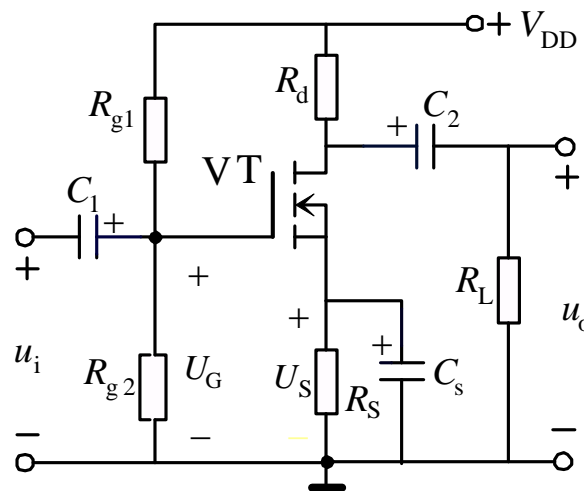
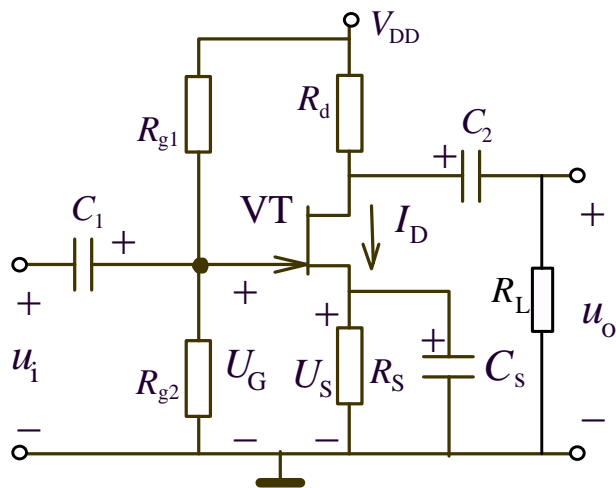
总学时的  
术基础课程大  
机、应用物理  
要求我们  
法几方面必须  
2011年与  
子技术在80学  
一本。

简单的办  
体系、内容的  
争取只减少15  
因时间关



类电子技  
学校计算  
。  
和教学方  
拟数字电  
数字变成  
通过课程  
%，但内容  
。

# 1.1 基本放大电路部分



$$U_{GS} = U_G - U_S = \frac{V_{DD} R_{g2}}{R_{g1} + R_{g2}} - I_D R_S$$

$$i_D = I_{DSS} \left(1 - \frac{u_{GS}}{U_{GS(off)}}\right)^2$$

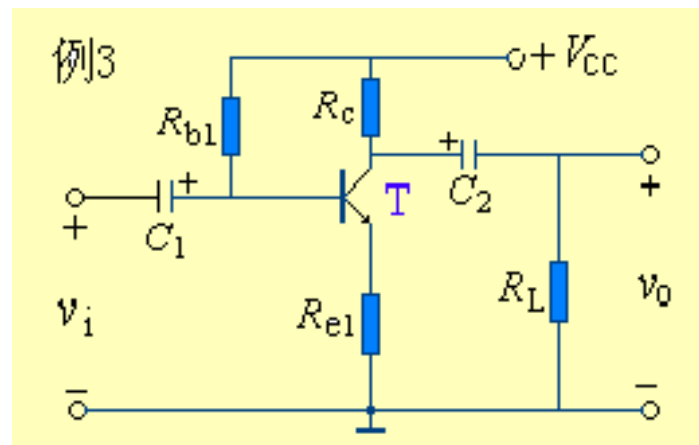
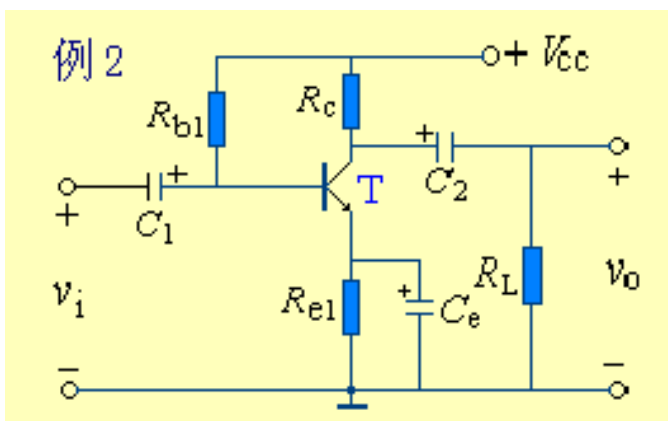
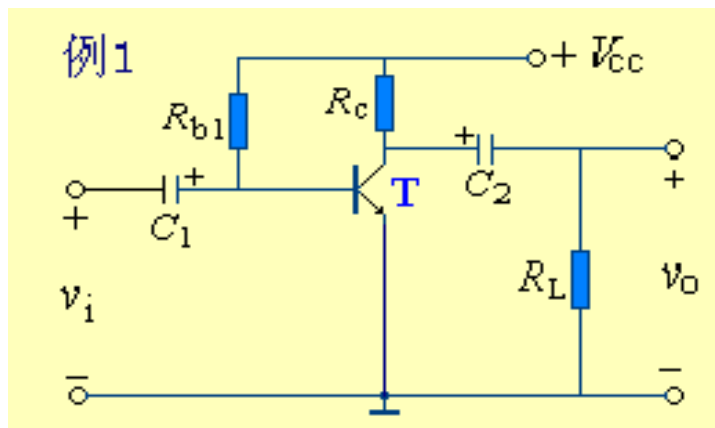
$$i_D = I_{DO} \left(\frac{u_{GS}}{U_{GS(th)}} - 1\right)^2$$

$$U_{GS} = -I_D R_S$$

**晶体管只讲 $\beta$ ，简化图解法，BJT、FET注重算法求 $Q$ ，简化微变等效电路的推导，归算的概念和电压放大倍数的直读。**

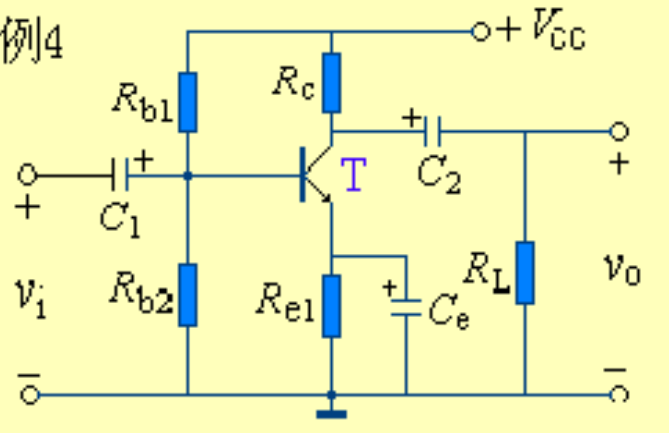


在现行教材中有三种方法，无 $R_e$ 的固定偏置，有 $R_e$ 的固定偏置，分压偏置。

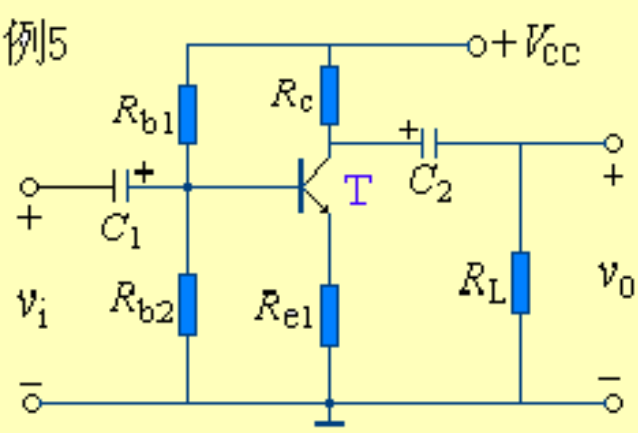




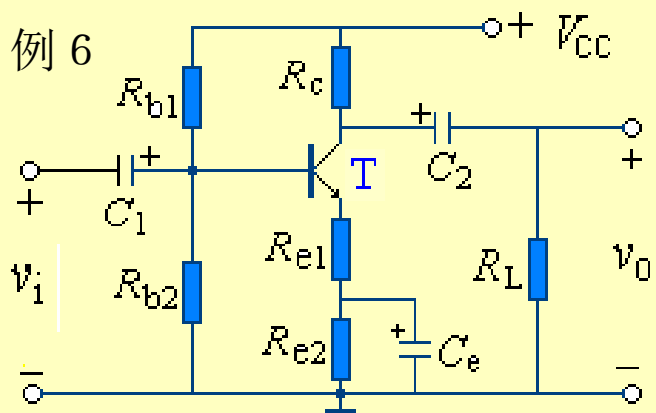
例4



例5



例6







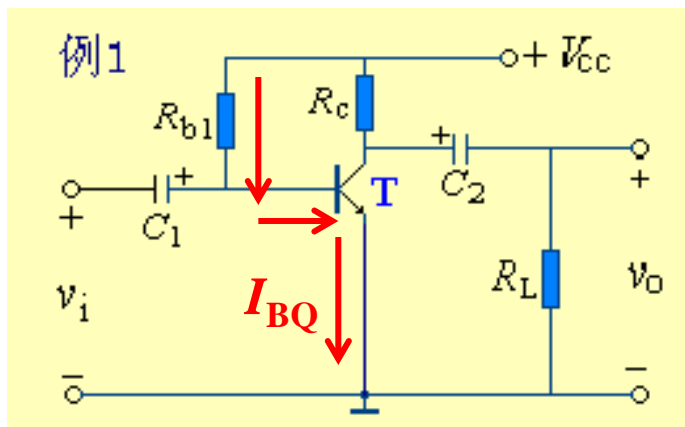
以上 6 个共射放大电路代表所有的偏置电路形式，  
可以分为两种类型：

只有一个上偏置电阻 $R_{b1}$ 的固定偏置电路形式；

具有两个偏置电阻 $R_{b1}$ 、 $R_{b2}$ 的分压偏置电路形式。

每种又分：

有发射极电阻 $R_e$ ；无发射极电阻 $R_e$ 两种电路形式。



只有一个上偏置电阻 $R_{b1}$ 的  
固定偏置电路形式：

$$I_{BQ} = \frac{V_{CC} - U_{BEQ}}{R_{b1}}$$

$$I_{CQ} = \beta I_{BQ}$$

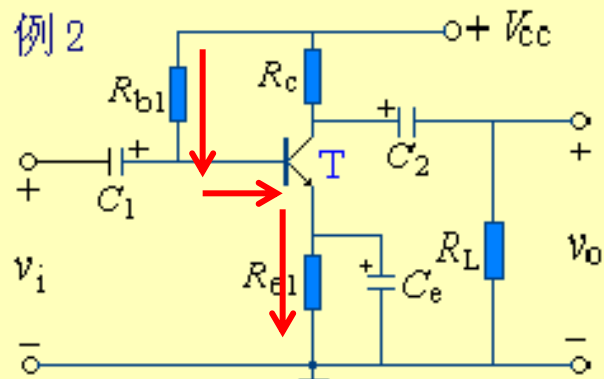
$$U_{CEQ} = V_{CC} - I_{CQ} R_c$$





只有一个上偏置电阻 $R_{b1}$ 的固定偏置电路形式，但有 $R_{e1}$ ：

例2



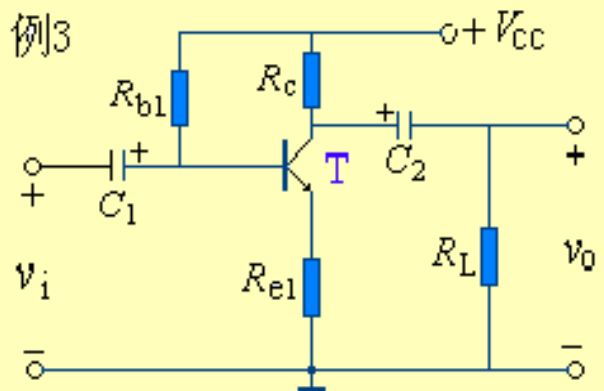
$$\begin{aligned} V_{CC} &= I_{BQ}R_{b1} + U_{BEQ} + I_{EQ}R_{e1} \\ &= I_{BQ}R_{b1} + U_{BEQ} + I_{BQ}(1 + \beta)R_{e1} \end{aligned}$$

$$I_{BQ} = \frac{V_{CC} - U_{BEQ}}{R_{b1} + (1 + \beta)R_{e1}}$$

$$I_{CQ} = \beta I_{BQ}$$

$$U_{CEQ} = V_{CC} - I_{CQ}(R_c + R_{e1})$$

例3



$R_e = R_{e1}$  是发射极对地的电阻

具有两个偏置电阻 $R_{b1}$ 、 $R_{b2}$ 的分压偏置电路形式。

$$I_{BQ} = \frac{V'_{CC} - U_{BEQ}}{R'_b + (1 + \beta)R_e}$$

$$V'_{CC} = \frac{V_{CC}R_{b2}}{R_{b1} + R_{b2}}, \quad R'_b = \frac{R_{b1}R_{b2}}{R_{b1} + R_{b2}}$$

$R_e$  是发射极对地的电阻

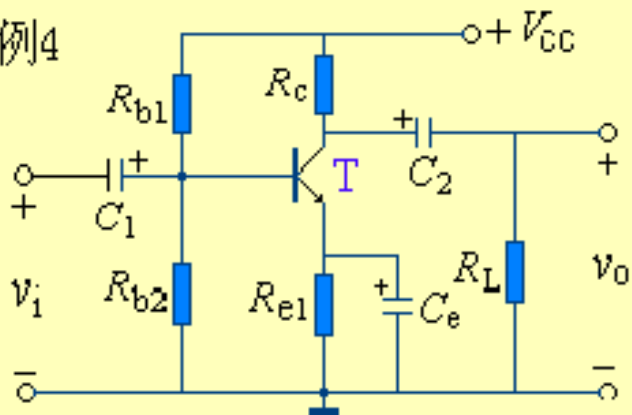
$$R_e = R_{e1}$$

$$R_e = R_{e1} + R_{e2}$$

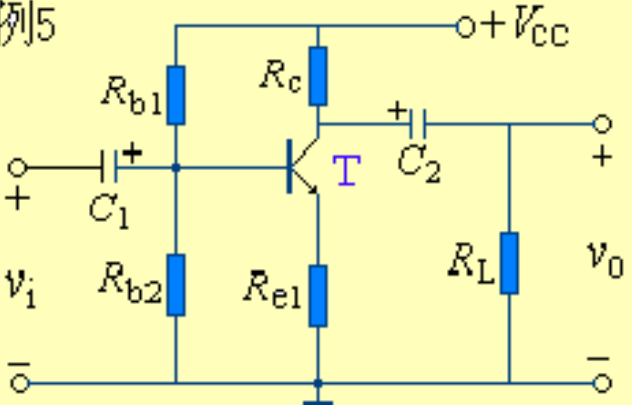
$$I_{CQ} = \beta I_{BQ}$$

$$U_{CEQ} = V_{CC} - I_{CQ}(R_c + R_e)$$

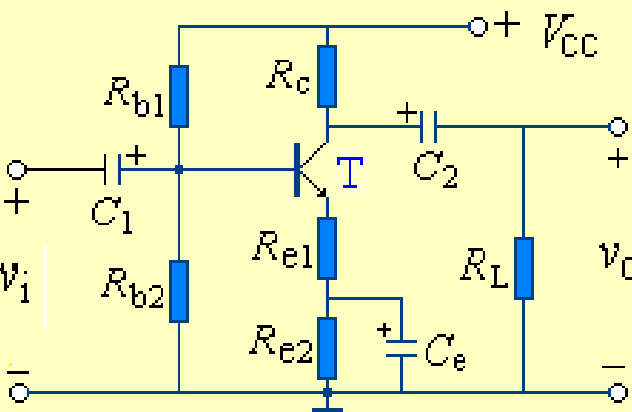
例4

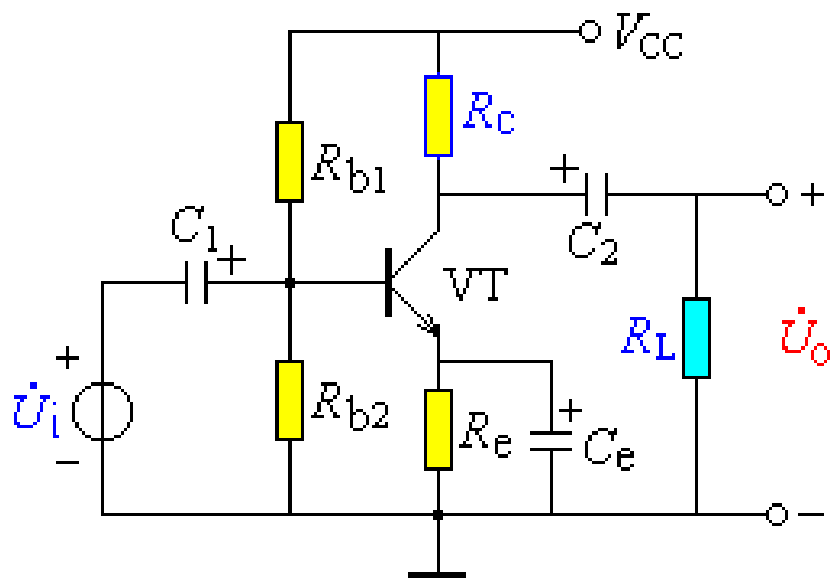


例5



例6





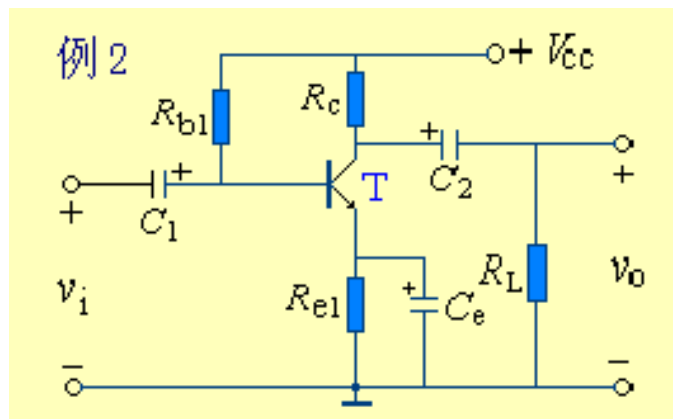
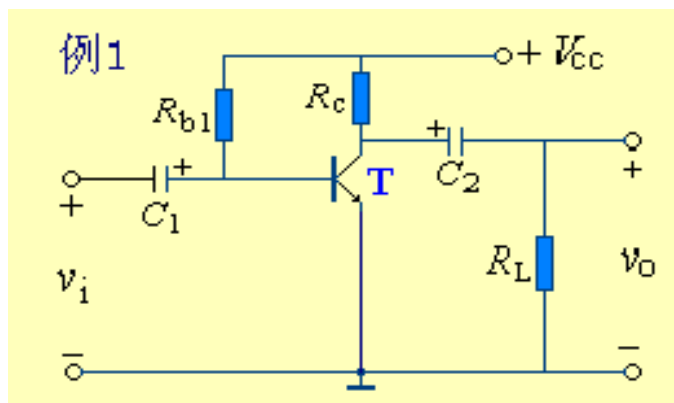
$$I_{BQ} = \frac{V'_{CC} - U_{BEQ}}{R'_b + (1 + \beta)R_e}$$

归算

$I_B$ 表达式中 $U_{BE}$ 是变量，对硅管 $U_{BE} \approx 0.6 \sim 0.8V$ ，对锗管 $U_{BE} \approx 0.2 \sim 0.3V$ ，而 $V'_{CC}$ 一般在几伏，可满足 $V'_{CC} \gg U_{BE}$ 的条件。所以可以将 $U_{BE}$ 用固定值替代，对小功率硅管用 $0.7V$ 替代；小功率锗管用 $0.3V$ 替代。既简化了计算，又不会造成太大的误差。



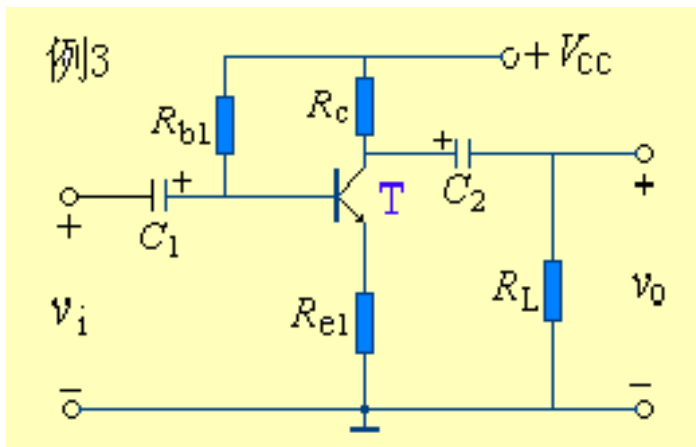
## 1.2 电压放大倍数



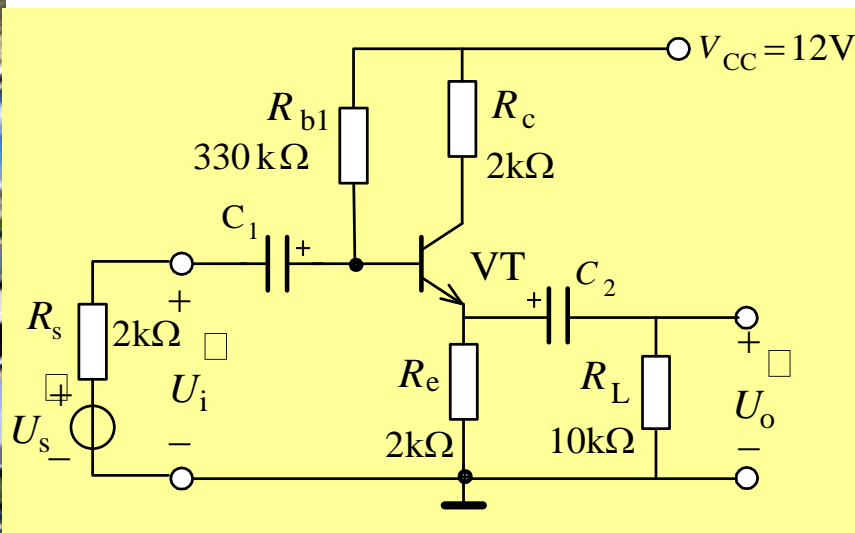
$$\dot{A}_u = \frac{\dot{U}_o}{\dot{U}_i} = -\frac{\beta R'_L}{r_{be}}$$

电压放大倍数，分子是输出电极与输入电极之间的电流放大系数 $\beta$ 或 $(1+\beta)$ 与输出电极对地的交流负载电阻之积；分母是输入电极（b极）处看入放大电路的输入电阻。

# 1.2 电压放大倍数



$$\dot{A}_u = - \frac{\beta R'_L}{r_{be} + (1 + \beta) R_{e1}}$$

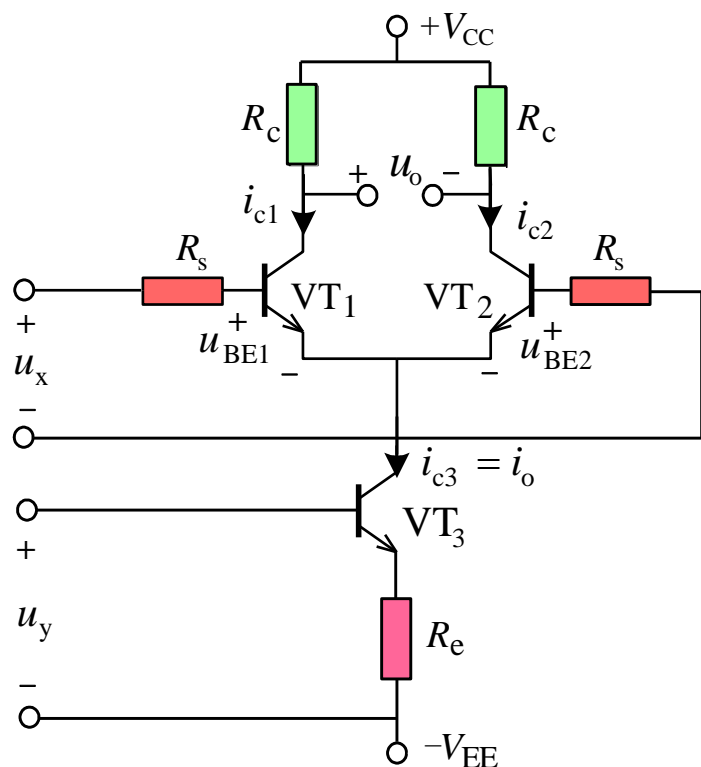


$$\dot{A}_u = \frac{\dot{U}_o}{\dot{U}_i} = \frac{(1 + \beta) R'_L}{r_{be} + (1 + \beta) R'_L} \approx 1$$

**想一想场效应管放大电路的放大倍数有无规律性？**

## 1.3 模拟乘法器

原来模拟乘法器放在信号的处理与变换一章中，由于跨导型模拟乘法器的主体部分就是一个差分放大电路，在讲运算放大器的电路组成时讲了差分，互补输出电路。随后介绍了跨导型模拟乘法器，对数反对数模拟乘法器以框图的形式加以介绍。



$$u_o = -\frac{\beta R_c}{r_{be}} u_x$$

$$r_{be} \approx (1+\beta) \frac{U_T}{I_E}$$

$$u_o \approx -\frac{I_E}{U_T} \cdot R_c \cdot u_x$$

$$= -\frac{I_0}{2U_T} \cdot R_c \cdot u_x = -g_m \cdot R_c \cdot u_x$$



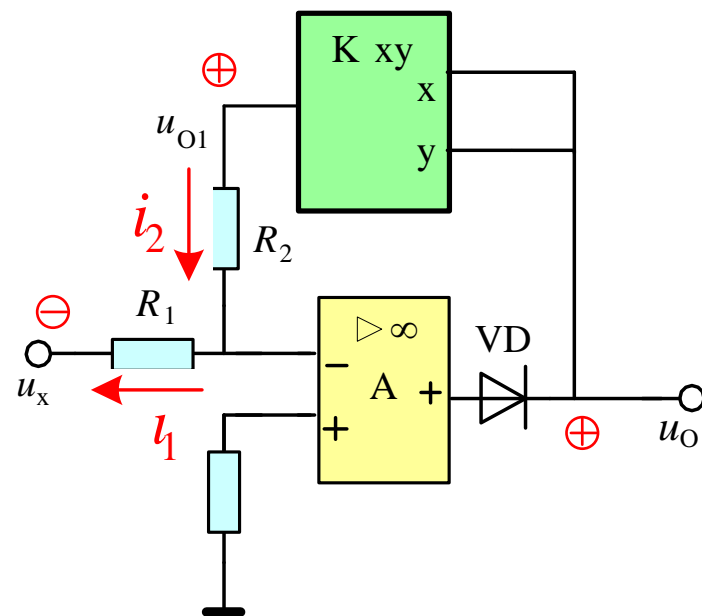
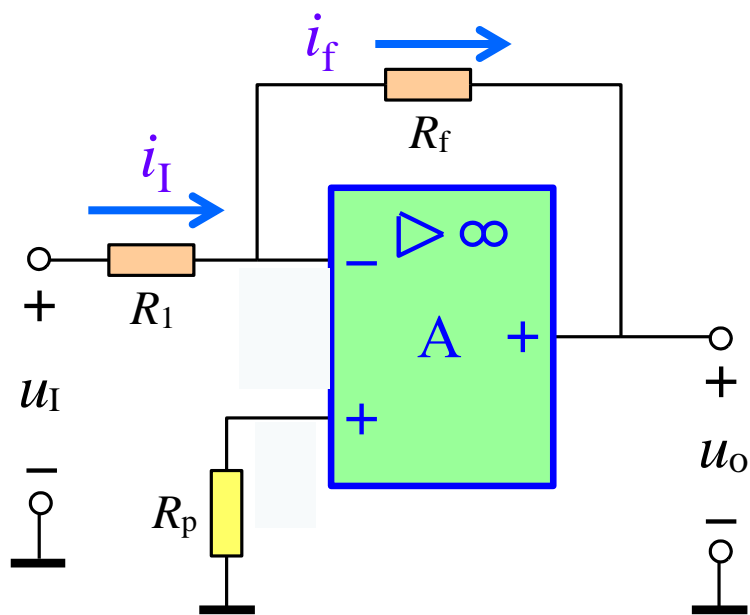


这样就可以将运放和模拟乘法器的线性应用电路放在同一章中，大大地扩展了应用电路的介绍，求和、减法、积分、微法、对数、指数、乘法、除法、开方等等。

而且带有模拟乘法器的运算电路中，模拟乘法器一定放在运放的负反馈回路中.....。



通过揭示共性，将具有同样规律的内容整合在一起，又强调个性，指出二者之间的不同之处。运放线性应用电路与模拟乘法器构成的运算电路。



开平方电路

## 1.4 启发式教学

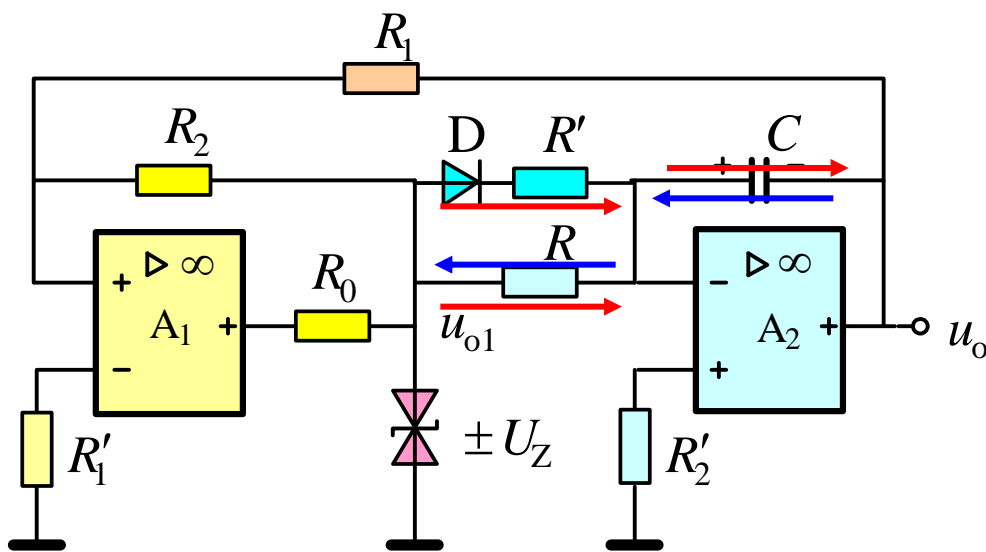
在电子技术教学中应处处贯彻启发式教学的原则。

充电时，电流经过电阻 $R$ 和 $R'$ 并联支路，充电时间常数

$$\tau_{\text{充}} = (R // R') C$$

放电时，电流经过电阻 $R$ 支路，放电时间常数

$$\tau_{\text{放}} = R C$$



实际上提充电电流和放电电流更好，概念更清晰。



1. 是否还有其他的获得锯齿波电路的方法？

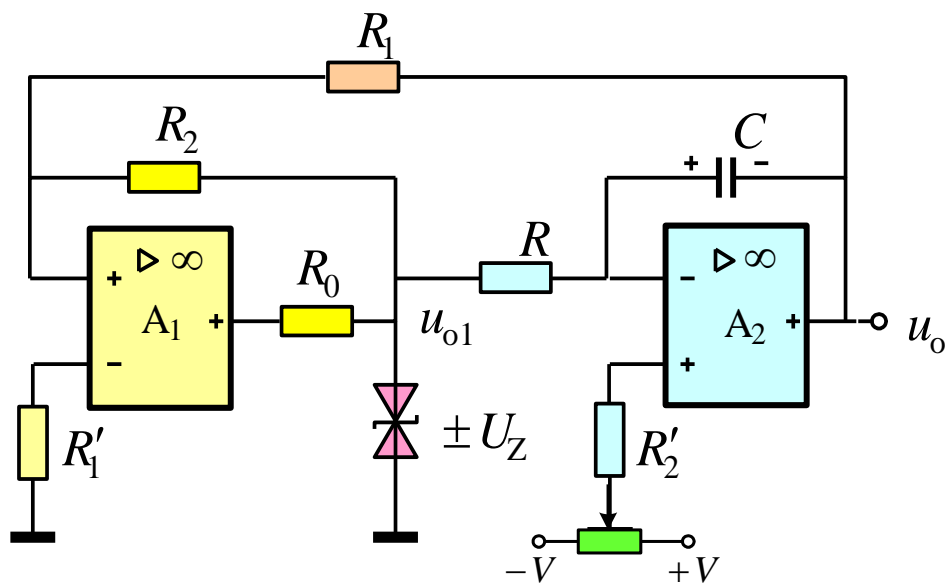
学生回答不出来，继续问

2. 为什么会从三角波变换到锯齿波？

学生回答：因为积分器的充电电流和放电电流不等。

方案一： $+U_Z$ 、 $-U_Z$ 不同。

方案二：



充电电流  $I_1$

$$I_1 = \frac{U_Z - 1}{R}$$

放电电流  $I_2$

$$I_2 = \frac{1 - (-U_Z)}{R}$$

所以  $I_2 > I_1$ ，反之电位器向左调， $I_1 > I_2$ 。

## 2. 关于大学生实践创新能力培养的几个观点

---

### 2.1 理论课与实验课互补，良性互动，一体化教学模式



## HIT 2.2 培养善于通过实践（实验）学习科技知识的能力

---

人类的认识包括理性认识和感性认识，感性认识一般源于实践，源于生活。同时在感性认识的基础上应该进一步上升为理性认识，同时反过来有意识的去指导实践，在更高的层次上去进行研究和探索，以推动社会的发展和科学技术的进步。







---

实验教学的改革应该形成理论课和实验课之间的动态良性循环，同时要使实验成为创新教育中的重要一环，学生在学校能够学会自学，特别能够积极主动地通过实验学习新的科学技术知识，这是质的飞跃，是培养学生自身造血机能的重要教学手段。

这时的实验已经成为一种获取科技知识的必要手段，是一种既动脑又动手的学习新知识的方法，同时又可培养学生的实践能力和科研能力。这样就可以在理论和实践双重的高度上获得科技知识，这比仅仅在理论单方面获取的知识要深刻牢固得多。



我们经常听到的“从战争学习战争”，在实践中学习，就是这个道理。不是每一个打过仗的人都能成为将军，关键是要正确的完成从战争中获得的感性认识提升为对战争规律、战略、战术的理性认识。这需要学生具有总结归纳、由此及比、触类旁通、从一般到抽象的能力；需要有扎实的理论基础，能够借鉴前人的经验和正确的结论，以及具有善于分析和揭示事物本质的能力。

教学时要给学生留有思考的空间。

爱因斯坦曾说：“提出一个问题往往比解决一个问题更重要”。

陶行知说：“发明千千万，起点一个问”。

学贵有疑。

大疑有大悟，小疑有小悟，无疑则无悟。

心理学中称为**问题意识**。



第谷



开普勒



牛顿





第谷·布拉赫(Tycho Brahe), 1546年生于丹麦, 14岁入哥本哈根大学。第谷从小迷恋天文观测, 终身致力于天文仪器制造和天文研究, 他一生积累了大量的观察数据和资料。遗憾的是他不善于总结、归纳, 提出问题, 而他的这些观察数据对后来的著名天文学家开普勒(Johannes Kepler)有极大帮助。经过仔细分析研究, 发现了行星沿椭圆轨道运行, 并且提出行星运动三定律(即开普勒定律)。同时又为牛顿发现万有引力定律打下了基础。

椭圆定律: 所有行星围绕太阳的运动轨道是椭圆, 太阳位于椭圆的一个焦点上;

面积定律: 连接行星和太阳的直线, 在相等的时间里扫过的面积相等;

调和定律: 行星公转的周期的平方与它们椭圆轨道的半长轴的立方成正比。

## 2.4 培养敏锐的观察力

伦琴将电流通过一个带有电极的真空玻璃泡时，偶然发现，放在附近涂有磷光质的屏幕会发亮光。他意识到是一种射线使屏幕发光，伦琴真是欣喜若狂，他顺手拿起闪闪发亮的荧光板，突然，一个手骨影子鬼使神差般地出现在荧光板上。

就这样1895年伦琴发现了X射线。他因此于1901年获第一次诺贝尔物理学奖金。这一发现宣布了现代物理学时代的到来，使医学发生了革命。





# 魏格纳

1910年德国的地球物理学家阿尔弗雷德·魏格纳在偶然翻阅世界地图时，发现一个奇特现象：大西洋的两岸——欧洲和非洲的西海岸遥对北南美洲的东海岸，轮廓非常相似，这边大陆的凸出部分正好能和另一边大陆的凹进部分凑合起来；如果从地图上把这两块大陆剪下来，再拼在一起，就能拼凑成一个大致上吻合的整体。

把南美洲跟非洲的轮廓比较一下，更可以清楚地看出这一点：远远深入大西洋南部的巴西的凸出部分，正好可以嵌入非洲西海岸几内亚湾的凹进部分。





00:20/01:20



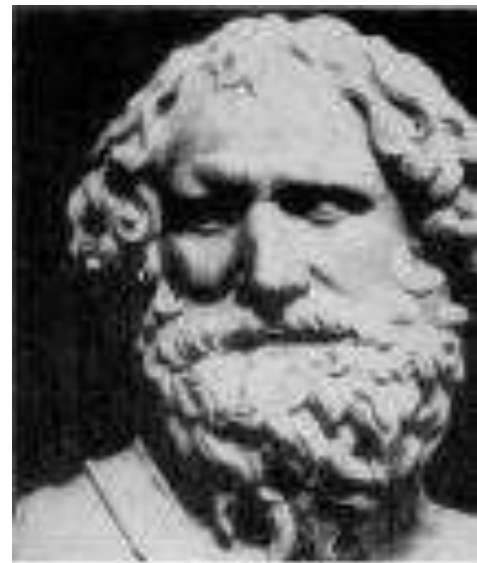




**魏格纳(1880-1930)是德国气象学家、地球物理学家，1880年11月1日生于柏林，1930年11月在格陵兰考察冰原时遇难。**

# 阿基米德

相传叙拉古赫农王让工匠替他做了一顶纯金的王冠，做好后，国王疑心工匠在金冠中掺了假，但这顶金冠确与当初交给工匠的纯金一样重，到底工匠有没有捣鬼呢？既想检验真假，又不能破坏王冠，这个问题不仅难倒了国王，也使诸大臣们面面相觑。



后来，国王请阿基米德来检验。阿基米德也是冥思苦想而不得要领。一天，他去澡堂洗澡，当他看到水往外溢，同时感到身体被轻轻拖起。突然悟到可以用测定固体在水中排水量的办法，来确定王冠的比重。他兴奋地跳出澡盆，大声喊着“尤里卡！尤里卡！”。

曹冲秤象

阿基米德从中发现了浮力定律：物体在液体中所获得的浮力，等于他所排出液体的重量。



## 2.5 有利于提高学生的人文素养

---

对人文素质教育的积极作用

- 1) 陶冶人的情操，做一个有良知的人，有智慧的人，有道德的人；
- 2) 有利于培养团队精神，建立良好的人际关系；
- 3) 有利于思维方法的科学化，有利于考虑科学问题的辩证关系；
- 4) 能够适应现代科学由高度分化向高度综合发展对科技工作者的高度要求；
- 5) 能够适应国际交往和对外开放，培养面向世界的现代人的要求；
- 6) 加强人文素质教育是强化思想道德建设的有效措施。



## 3. 黑龙江赛区TI杯竞赛简介和一些想法

---

### 3.1 有利于学生接触世界先进的半导体器件水平

- (1) 温度传感器、光学传感器、气体传感器、指纹识别。
- (2) 微处理器、ARM处理器、数字信号处理器、**MSP430, 16位\32位的MCU\C2000。**
- (3) 零漂移轨到轨运算放大器
- (4) 各种电机驱动器
- (5) 电源管理器
- (6) 高速高精度ADC、DAC。 **TI公司流水线型ADC12位有ADS803/804、14位有ADS5541/5542、16位有ADS5481等型号。 TI公司的 $\Delta$ - $\Sigma$ 型ADC有24位ADS1225/1226、16位ADS1605/1610等型号。**

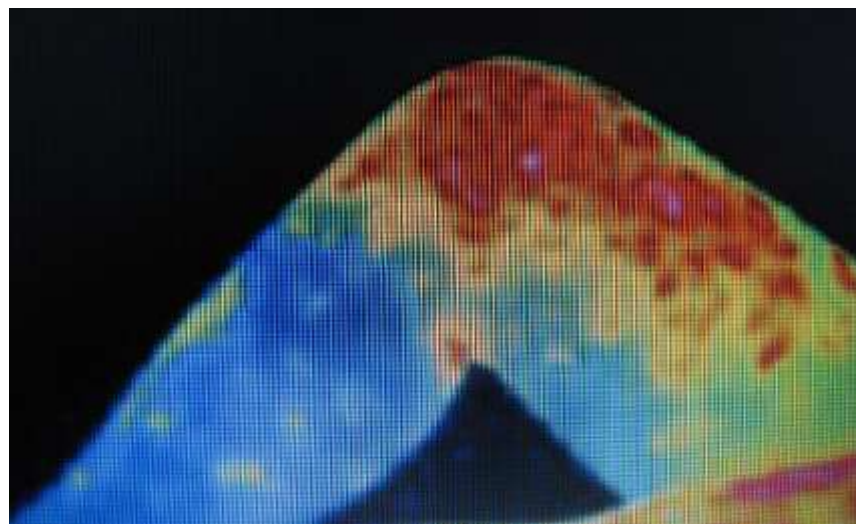
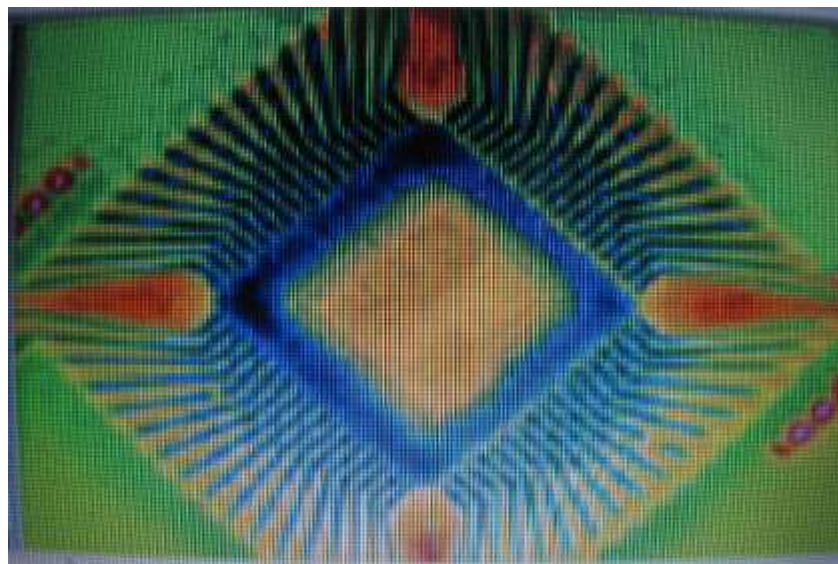




红外热像仪的分辨率可达到 $0.03^{\circ}\text{C}$ 、解析度 $25\mu\text{m}$ 。

右图上是集成电路内部温度场的分布。

右图下是人体腿部因炎症引起的温度分布情况。





当前一般的超声波测距模块的精度可以达到3毫米，性能高一点的，带有温湿度补偿功能的可以达到1毫米。

## 3.2 微机电系统MEMS

---

微机电系统MEMS(Micro Electro Mechanical Systems)是一种极其微小的机电一体化产品，是包括传感器、信号处理、控制、接口电路，甚至通信和电源于一体的微机电系统，主要包括传感器、执行器件和处理电路三部分，是微电子、材料、机械、化学、传感器、自动控制等多学科交叉的成果。

近年又有微光机电系统(MOEMS)的出现，光学系统的集成，使MEMS的应用领域进一步扩大。

MEMS主要应用在军事领域、机器人、机械电子、汽车、光学、生物医学、航空航天等领域。



## 3.3 集成电路功能一体化的发展

随着集成度的提高，工艺水平的完善，集成电路向一体化的发展明显。一是整个电子系统集成在一起，二是与传感器集成在一起。

前者有数字频率计、函数信号发生器、开关电容滤波器、数字锁相环、PWM芯片、彩色电视机主芯片、数字调谐收音机芯片、数字电压表芯片、各种遥控芯片、漏电保护芯片、调光芯片、各种功率放大器、各种模拟稳压电源、各种开关稳压电源、LCD显示控制芯片、手机专用芯片等等。

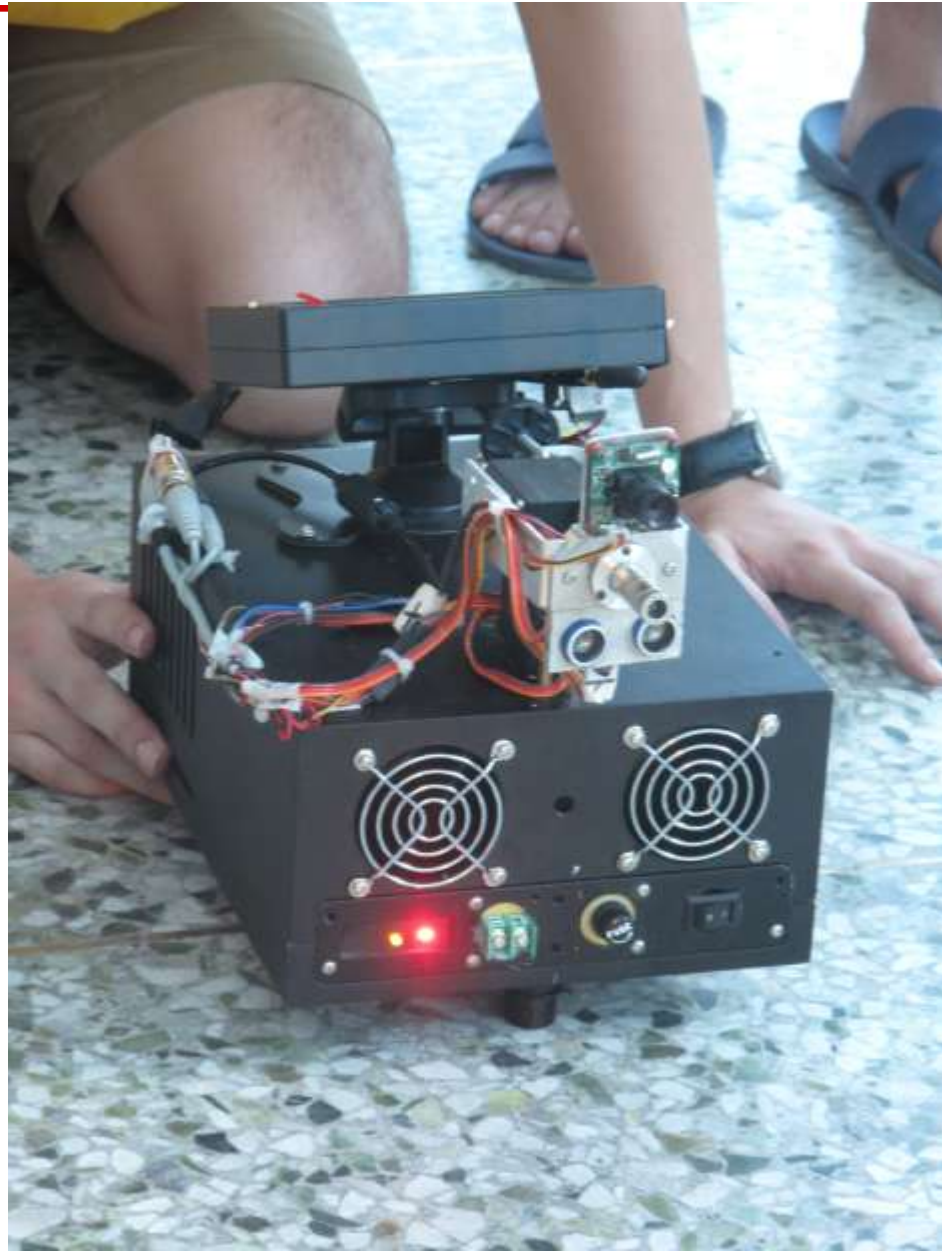
只要传感器能够集成，一般就可以将传感器及后续放大、信号处理、微处理器等集成在一块芯片之中。例如温度传感器、位置传感器、3轴加速度传感器、压力传感器、气体传感器等等。这些传感器的输出不再是电压或电流信号，一般是数字化的输出，或直接与配套的显示器件连接使用。

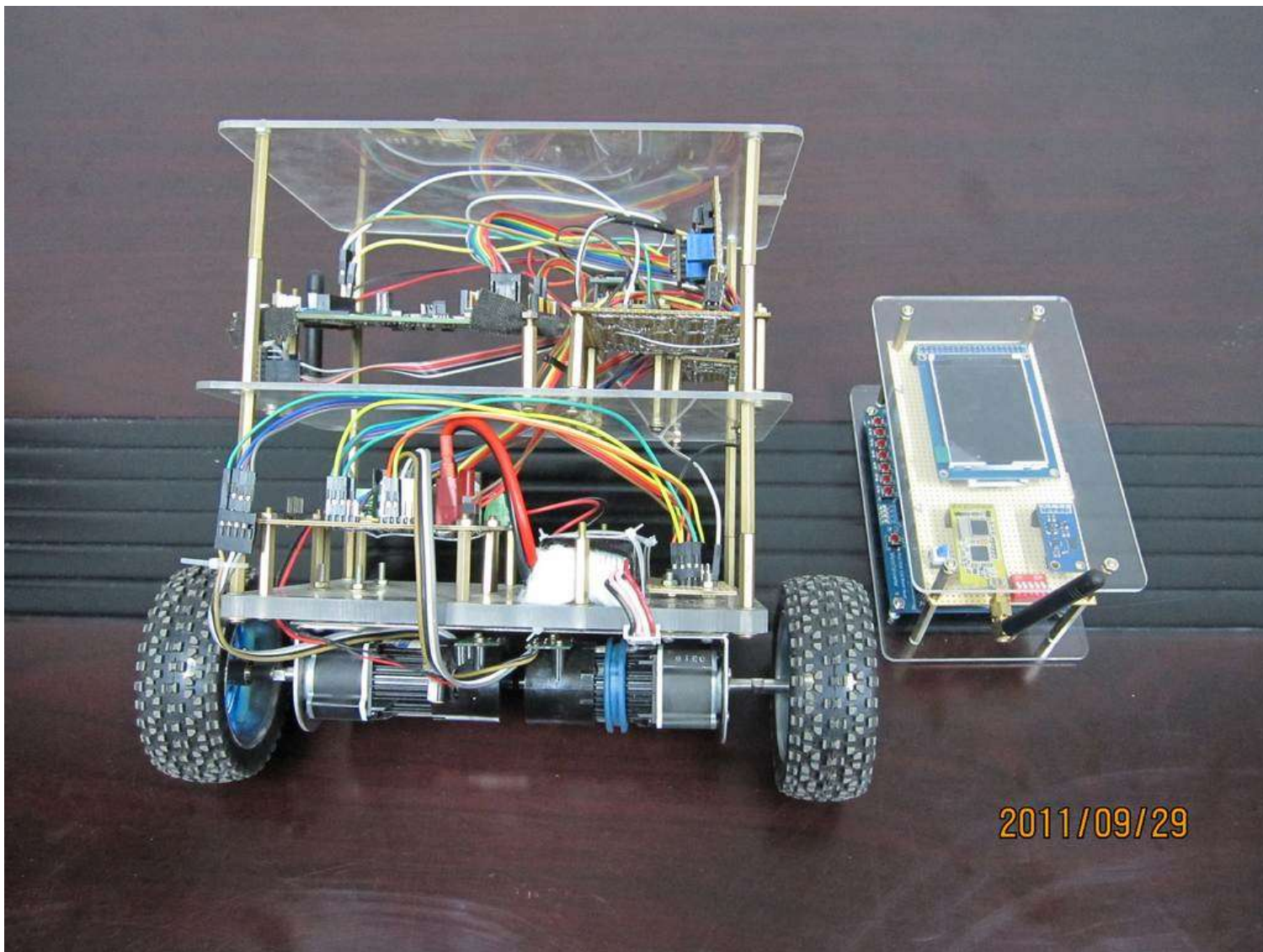


## 3.4 2012年的部分竞赛作品



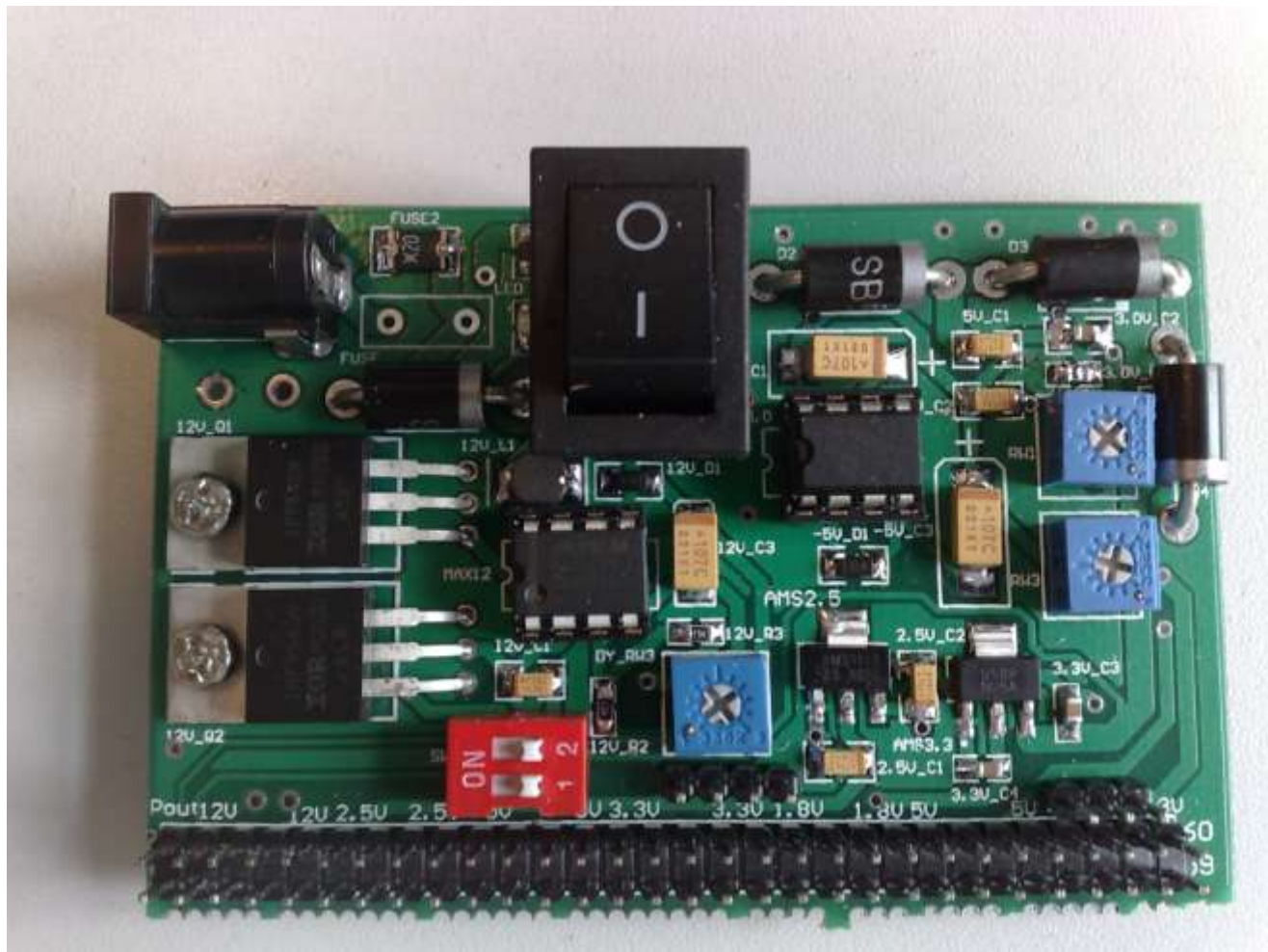






2011/09/29





## 3.5 一些个人的想法

---

电子设计竞赛的目的是什么？

其形式需要为此目的服务，科学知识、人文素养思想品德；

半封闭实际上封闭不了教师在竞赛期间的参与；

工作量越来越大、难度越来越高、恢复时间要好几天；

功利、锦标主义有所抬头；

经历了20年，有一些改革，派巡视员、复测、综合测试，但基本模式没有改变，有的效果不明显，有的还不错。



---

**谢 谢 各 位 ！**





