

333235

成都工学院图书馆

基本馆藏

脉冲电路的计算

Г. А. 巴齐, Г. П. 穆罗姆采夫, А. Н. 拉因金

В. К. 特列古勃, К. А. 齐庫諾夫合著



国防工业出版社

脉冲电路的计算

Г. А. 巴齐, Г. И. 穆罗姆采夫, А. И. 拉因金

И. И. 特列古勃, Г. А. 齐库诺夫合著

周丕創譯

張昌圣、石俊云校



國防工業出版社

內 容 簡 介

本书系統地闡述了脉冲电路的設計計算及其參量選擇，
书中計算方法詳細，步驟明確。书中所介紹的微分电路、間歇
振蕩器、幻象延遲电路及半导体电路的計算有很大的參考價
值。本书可作为脉冲技術課程的教學參考書。書末附有大量
的电子管的脉冲特性，是課程設計和畢業設計的寶貴資料。

РАСЧЕТ

ИМПУЛЬСНЫХ СХЕМ

Г. А. БАЗЬ, Г. П. МУРОМЦЕВ, А. Н. РАШКИН,

И. К. ТРЕГУБ, К. А. ЦИКУНОВ

(ВОЕН ИЗДАТ 1960)

*

脉 冲 电 路 的 計 算

周丕訓譯

張呂柔、石俊云校

*

國防工業出版社 出版

北京市書刊出版業營業許可證出字第 074 號

國防工業出版社印刷廠印刷 新華書店北京發行所發行

*

850×1168 1/32 印張 8 1/8 205 千字

1961年10月第一版 1964年2月第五次印刷 印數：11,551—13,560冊

統一書號：15034·522 定價：(科七)1.40 元

原 序

随着脉冲技术的日益发展,出现了編著脉冲装置設計指南的必要性。

在本书中,试图將基本脉冲电路的工程計算系統化,书中內容包括了电子管脉冲电路,以及半导体管脉冲电路的計算,全部电路計算都是以图解-分析法为基础。

在編写本书时,假定讀者对于所要計算的电路的原理,是已經熟悉的。

第一章中 § 1 及 § 3, 以及第二章 § 1, 由 K. A. 齐庫諾夫編写, 第一章中 § 2 及第二章 § 3, 由 П. И. 穆罗姆采夫編写, 第二章 § 2 及第三章由 П. А. 巴齐編写, 第二章中 § 4 及 § 5——由 A. H. 拉因金編写, 第四章由 И. К. 特列古勃編写。幻象延迟电路計算, 由 B. Ю. 布雷边科編写。

本书无疑还存在缺点, 因此欢迎讀者提出批評和建議。

——作者——

譯者序

本書系統地闡述了脈衝電路的設計計算及其參量選擇，書中計算方法詳細，步驟明確。書中所介紹的微分電路、間歇振蕩器、幻象延遲電路及半導體電路的計算有很大的參考價值。本書可以作為脈衝技術課程的教學參考書。書末附有大量的電子管的脈衝特性，是課程設計和畢業設計中的一份寶貴的資料。

但在使用本書時，應該注意下列幾點：

1. 由於氣候等自然條件的不同，在使用該書作為設計指南時，電路元件規格應按我國的國家標準來選取。

2. 觸發電路的計算在Л. А. 米耶羅維奇和Л. С. 依茨霍基等著作中有更詳細的敘述。

3. 在磁式電子射綫管的偏轉系統及輸出級的計算中，沒有考慮到輸出級的靜態電流平衡問題，因此在計算輸出級時，還需要參考其它書籍。

在本書初版中已發現的不恰當的地方，再版時均已修正，原書中有一些印誤也已作了改正。

譯者

1962. 5.

目 录

原 序	7
译者序	8
第一章 脉冲形成电路的计算	1
§ 1. 电容微分电路	1
1. 电容微分电路的计算	5
2. 电容微分电路的验算	9
§ 2. 带有冲击激励振荡迴路的电路	10
1. 用冲击激励振荡迴路形成尖峰脉冲电路的计算	10
2. 用冲击激励振荡迴路形成矩形脉冲电路的计算	14
3. 用冲击激励振荡迴路得到一系列等幅振荡的电路的计算	22
§ 3. 限幅器	29
1. 二极管限幅器计算	30
2. 板-栅限幅器计算	34
第二章 脉冲振荡器计算	39
§ 1. 多諧振荡器	39
1. 计算对称的零栅多諧振荡器	41
2. 对称的正栅多諧振荡器的计算	43
3. 多諧振荡器的验算(零栅电路)	45
§ 2. 間歇振荡器	47
1. 外激式間歇振荡器计算	47
2. 负载电阻接在阴极电路时,間歇振荡器的计算特点	85
3. 负载电阻接在板极电路的間歇振荡器的计算特点	89
4. 間歇振荡器的验算	91
§ 3. 触发电路	94
1. 零偏压阴极耦合阻容触发电路计算	94
2. 正偏压阴极耦合阻容触发电路的计算	101
3. 能够在很寬的范围内連續調整脉冲寬度的阴极耦合阻容触发电路 的计算	107
4. 电阻触发电路的计算	115
§ 4. 鋸齿形和梯形电压发生器	123

1. 通过电阻向电容充电的锯齿波电压发生器的计算	123
2. 电压正回授锯齿波电压发生器计算	128
3. 电压正回授锯齿波电压发生器的验算	134
4. 电压正回授梯形电压发生器的计算	138
5. 带有阴极输出器的阴极耦合幻象延迟电路计算	140
§ 5. 磁式电子射线管的偏转系统及输出级	152
1. 带方形截面铁心的偏转系统和输出级的计算	153
2. 集总式无铁心偏转系统及输出级的计算	167
第三章 脉冲放大器的计算	175
§ 1. 阴极输出器	175
1. 以匹配的电纜为负载的阴极输出器的计算	176
2. 以不匹配电纜为负载的阴极输出器的计算特点	187
§ 2. 偶相放大器	189
1. 偶相放大器的计算	189
2. 偶相放大器的验算	198
§ 3. 倒相器计算	198
第四章 半导体三极管电路的计算	204
§ 1. 点触型半导体三极管张弛振荡器	204
1. 点触型半导体三极管自激式张弛振荡器的计算	204
2. 点触型半导体三极管触发电路的计算	213
§ 2. 结合型半导体三极管限幅器计算	216
§ 3. 结合型半导体三极管多谐振荡器的计算	223
§ 4. 结合型半导体三极管锯齿波电压发生器的计算	229
参考文献	237
附录 1. 电子管的脉冲特性曲线	238
附图 1	238
附图 2	239
附图 3	240
附图 4	241
附图 5	242
附图 6	243
附图 7	244
附录 2. 电子管差电流特性曲线	245

附图 1	245
附图 2	246
附图 3	247
附图 4	248
附图 5	249
附图 6	250
附图 7	251

第一章 脉冲形成电路的计算

§ 1. 电容微分电路

在脉冲电路中,常常运用 RC 微分电路微分矩形脉冲。

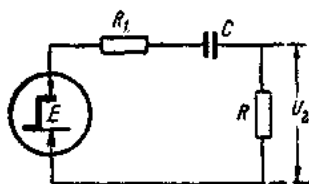


图 1.1

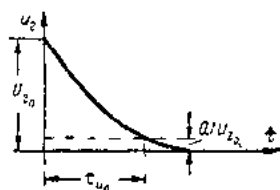


图 1.2

如果忽略分布电容,同时认为被微分脉冲前沿很窄,则微分电路可等效为图 1.1。此时输出脉冲 (U_2) 画在图 1.2 上。设计这种理想化的微分电路(图 1.1)是不困难的。

图 1.3 为考虑了分布电容及被微分脉冲前沿时间的等效线路,其输入和输出电压波形如图 1.4 所示。

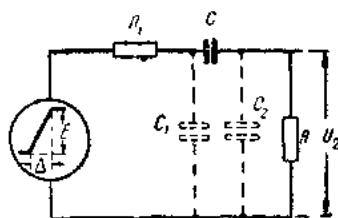


图 1.3

图中标记:

τ_n 及 τ_n ——输出脉冲宽度(图 1.2 及 1.4);

U_{20} 及 U_{2m} ——输出脉冲振幅;

τ_ϕ ——输出脉冲前沿宽度;

Δ ——输入脉冲前沿宽度;

C_1 及 C_2 ——分布电容;

R_1 ——电动势电源内阻;

τ_2 ——图 1.3 线路的时间常数;

E ——被微分脉冲的振幅。

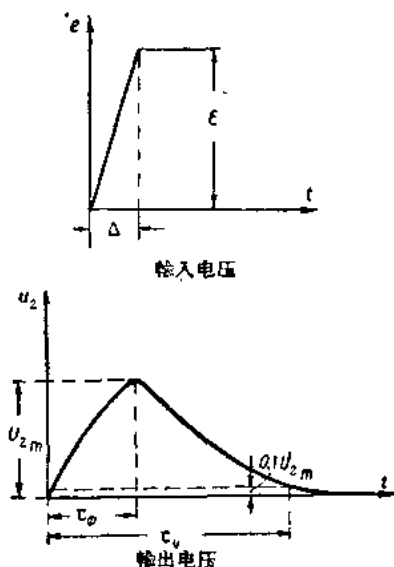


图 1.4

在考虑了分布电容和被微分脉冲(如图 1.4) 前沿宽度的情况下,微分电路的设计方法为:应用图 1.1 所示的比较简单等效电路,先确定 U_{20} 及 τ_{n0} , 然后由下列公式确定 τ_n 、 U_{2m} 、及 τ_Φ :

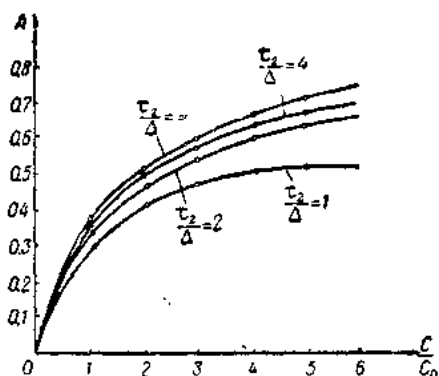
$$U_{2m} = AU_{20};$$

$$\tau_n = B\tau_{n0};$$

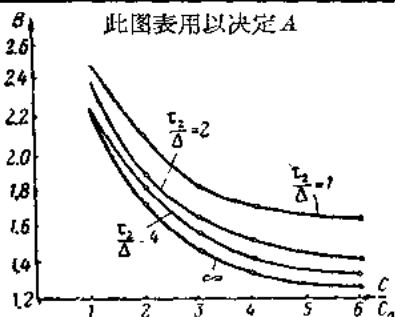
$$\tau_\Phi = D\tau_n;$$

$$\tau_2 = q(R + R_1)(C + C_n).$$

系数 A 、 B 及 D 由 $\frac{R}{R_1}$, $\frac{C}{C_n}$, $\frac{\tau_2}{\Delta}$ 等比值决定, 而 q 由 $\frac{R}{R_1}$ 及 $\frac{C}{C_n}$ 决定。下面是用来查系数 A 、 B 、 D 及 q 的图表, 它们是在 $\frac{R}{R_1} = 1$ 的条件下作出的, 但它对其他的 $\frac{R}{R_1}$ 值仍然是适用的, 因为比值 $\frac{R}{R_1}$ 在 0.2—5 的范围内变化时, 对这些系数改变不大。

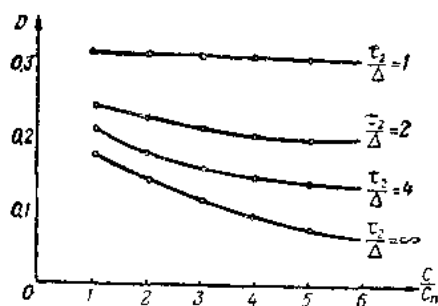


C/C_n	1	2	3	4	5	6
τ_2/Δ						
1	0.3	0.42	0.47	0.51	0.52	0.53
2	0.34	0.47	0.54	0.6	0.63	0.66
4	0.36	0.5	0.57	0.64	0.67	0.7
∞	0.38	0.52	0.6	0.67	0.71	0.75



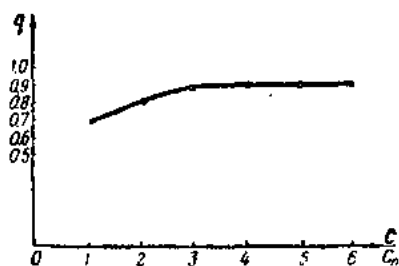
C/C_n	1	2	3	4	5	6
τ_2/Δ						
1	2.5	2.1	1.8	1.75	1.66	1.63
2	2.4	1.88	1.65	1.52	1.46	1.41
4	2.24	1.8	1.54	1.4	1.35	1.33
∞	2.2	1.72	1.45	1.34	1.26	1.23

此图表用以决定 B



C/C_n	1	2	3	4	5	6
τ_2/Δ						
1	0.32	0.32	0.32	0.31	0.31	0.31
2	0.24	0.23	0.22	0.21	0.2	0.2
4	0.21	0.18	0.16	0.15	0.14	0.135
∞	0.175	0.14	0.12	0.1	0.08	0.073

此图表用以决定 D



C/C_n	1	2	3	4	5	6
q	0.7	0.8	0.9	0.91	0.92	0.92

此图表用以决定 q

1. 电容微分电路的计算

计算电容微分电路, 首先应给定 $\frac{C}{C_{\pi}}$ 与 $\frac{\tau_2}{\Delta}$ 的大小。实验证明, 当 $\frac{\tau_2}{\Delta}$ 大于 3~4, 脉冲参数变化不大, 显然比值 $\frac{\tau_2}{\Delta}$ 取 3~4 是适当的。而对于 $\frac{C}{C_{\pi}}$, 当其由 3 变至 ∞ 时, 脉冲参数变化不大, 但当 $\frac{C}{C_{\pi}} < 3$ 时, 脉冲参数则显著不稳, 因此通常比值 $\frac{C}{C_{\pi}}$ 选在 3~4 左右。

如选定 $\frac{C}{C_{\pi}} = 4$, $\frac{\tau_2}{\Delta} = 4$, 输出脉冲边沿宽度不会超过脉冲宽度的 15%。

如果按所取 $\frac{C}{C_{\pi}}$ 值计算的结果不能满足给定要求, 则应当另选

$\frac{C}{C_{\pi}}$ 及 $\frac{\tau_2}{\Delta}$ 值进行计算, 直至最后得出满意的结果为止。

例:

假设所设计的微分电路跨接于用 6H8C 组成的限幅放大器的输出端 (如图 1.5)。要求微分电路输出脉冲极性为正, 振幅 $U_{2m} = 40$ 伏, 宽度 $\tau_n = 5$ 微秒, 前后沿宽度 $\tau_{\phi} \leq 1$ 微秒, 限幅放

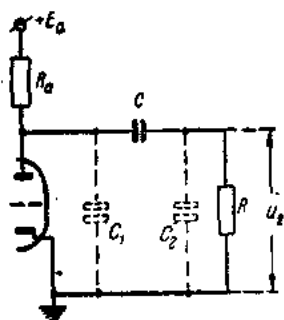


图 1.5

大器板压 $E_a = 300$ 伏, 需决定 R_a , R , C 及允许的 Δ 值。

1) 运用等效电路 (图 1.1), 其中 $R_1 = R_a$, $\bar{E} = (E_a - E_{a0})$, $\frac{R_a}{R_1 + R_a}$, 但脉冲振幅 $U_{20} = \frac{U_{2m}}{A}$, 脉冲宽度 $\tau_{n0} = \frac{\tau_n}{B} (E_{a0} - \dots)$ 是由电子管特性决定的起始电压, (图 1.6), R_i ——是由三角形 abc 决定的电子管内阻)。

对于电子管 6H8C 来说, $E_{a0} = 25$ 伏, $R_i = 7.2$ 千欧。

如果 $C_1 \approx 20$ 微微法 (6H8C 的输出电容及接线电容) 而 $C_2 \approx 30$ 微微法 (下一级的输入电容), 则

$$C_n \approx \frac{C_1 + C_2}{2} = \frac{20 + 30}{2} = 25 \text{ 微微法。}$$

2) 选择比值

$$\frac{\tau_2}{\Delta} = 3, \text{ 及 } \frac{C}{C_n} = 4。$$

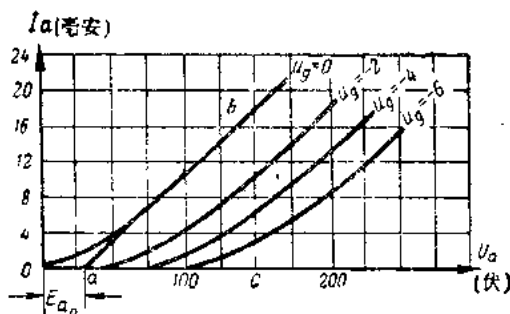


图 1.6

已知 $C_n \approx 25$ 微微法, 故

$$C = 4 \cdot C_n = 4 \times 25 \cdot 10^{-12} = 100 \text{ 微微法。}$$

3) 由图表查得:

$$A = 0.62,$$

$$B = 1.45,$$

$$D = 0.18。$$

下面验算一下在所选择比值 $\frac{\tau_2}{\Delta} = 3$ 及 $\frac{C}{C_n} = 4$ 的条件下, 能否保证指定的脉冲前沿时间 τ_ϕ 的要求。

$$\tau_\phi = D\tau_n = 0.18 \times 5 = 0.9 \text{ 微秒。}$$

如果 τ_ϕ 超过了指定值, 则必须另选 $\frac{\tau_2}{\Delta}$ 及 $\frac{C}{C_n}$ 。

$$I_{20} = \frac{U_{2m}}{A} = \frac{40}{0.62} \approx 64.5 \text{ 伏,}$$

$$\tau_{n0} = \frac{\tau_n}{B} = \frac{5 \times 10^{-6}}{1.45} \approx 3.45 \text{ 微秒。}$$

4) 确定电阻 R_a

我們知道 $\tau_{n0} = 2.3(R_a + R)C$; 由此

$$R_a + R = \frac{\tau_{n0}}{2.3C}, \quad (1.1)$$

$$U_{20} = \frac{E}{R_a + R} R = (E_a - E_{a0}) \frac{R_a}{R_i + R_a} \cdot \frac{R}{R + R_a} \quad (1.2)$$

令:

$$\frac{\tau_{n0}}{2.3C} = a = \frac{3.45 \times 10^{-6}}{2.3 \times 100 \times 10^{-12}} = 15 \text{ 千欧,}$$

$$\frac{U_{20}}{E_a - E_{a0}} = b = \frac{64.5}{300 - 25} = 0.23。$$

解方程式(1.1)及(1.2)得

$$R_a = \frac{a(1-b)}{2} \pm \sqrt{\left[\frac{a(1-b)}{2}\right]^2 - ab \cdot R_i},$$

其中:

$$\frac{a(1-b)}{2} = \frac{15 \times 10^3 \times 0.77}{2} \approx 5.8 \text{ 千欧,}$$

$$abR_i = 15 \cdot 10^3 \cdot 0.23 \cdot 7.2 \cdot 10^3 = 24.8 \cdot 10^6 (\text{欧})^2,$$

$$R_a = 5.8 \times 10^3 \pm \sqrt{(34.2 - 24.8) 10^6},$$

$$= (5.8 \pm 2.9) \times 10^3。$$

以此代入上式得 R_a 值,

$$R_a' = 5.8 + 2.9 = 8.7 \text{ 千欧,}$$

$$R_a'' = 5.8 - 2.9 = 2.9 \text{ 千欧。}$$

选择 $R_a = 8.7$ 千欧, 因为这样电子管工作电压較低(如取 $R_a = 2.9$ 千欧时, I_a 将超过允許数值)。

按国家标准取 $R_a = 8.2$ 千欧。

5) 确定 R

$$R_a + R = \frac{\tau_{n0}}{2.3 \times C} = a = 15 \text{ 千欧,}$$

$$R \approx a \quad R_a = 15 - 8.2 = 6.8 \text{ 千欧,}$$

按国家标准取 $R_a = 6.8 \text{ 千欧}$ 。

6) 找出 τ_2

$$\tau_2 = q(C + C_n)(R + R_a),$$

由表查出 $q = 0.91$, 由此

$$\tau_2 = 0.91 \cdot (100 + 25) 10^{-12} (6.8 + 8.2) 10^3 = 1.71 \text{ 微秒}。$$

应当由限幅放大器保证的 Δ 的数值大小将等于:

$$\Delta = \frac{\tau_2}{3} = \frac{1.71}{3} = 0.57 \text{ 微秒}。$$

设计所要求的全部数据均已确定。

由上述例子中可以明显地看出, 在输出脉冲前后沿宽度方面对限幅放大器有十分严格的要求。在这种情况下, 限幅放大器电子管的内阻 R_i 要小, 允许通过的电流 I_a 要大, 极间电容要小。

当微分电路输出端接限幅放大器时, 所要求的脉冲的幅度及宽度等由末级放大器最后形成, 此时对微分电路直接输出的脉冲参数, 要求可以降低。

确定负极性脉冲的参数

知道 E 、 Δ 、 R_a 、 R 、 R_i 、 C 及 C_n 以后很容易确定负脉冲各参数。

1) 利用等效发生器原理, 得放电等效电路(图 1.7), 其中:

$$R' = \frac{R_a R_i}{R_a + R_i} = \frac{8.2 \cdot 10^3 \cdot 7.2 \cdot 10^3}{(8.2 + 7.2) \cdot 10^3} = 3.8 \text{ 千欧,}$$

$$E' = \frac{E_a - E_{a0}}{R_a + R_i} \cdot R_i = \frac{275}{15.4 \cdot 10^3} \cdot 7.2 \times 10^3 = 129 \text{ 伏}。$$

2) 起始放电电流

$$I_{pm} = \frac{U_{cm} - E'}{R' + R} = \frac{300 - 129}{(3.8 + 6.8) 10^3} = 16.2 \text{ 毫安}。$$

3) 确定 U_{20}

$$U_{20} = I_{pm} R = 16.2 \cdot 10^{-3} \cdot 6.8 \cdot 10^3 = 108 \text{ 伏}。$$

4) 求出 τ_{M0}

$$\tau_{R0} = 2.3 \cdot C(R' + R) = 2.3 \times 100 \times 10^{-12} (3.8 + 6.8) \times 10^3 \\ = 2.44 \text{ 微秒。}$$

5) 已知: $\frac{C}{C_n} = 4$, 按图表查 q , 查

得 $q = 0.91$ 。计算 τ_2 ,

$$\tau_2 = q(C + C_n)(R + R') \\ = 0.91(100 + 25) \cdot 10^{-12} (6.8 + 3.8) \cdot 10^3 \\ = 1.2 \text{ 微秒。}$$

6) 确定 $\frac{\tau_2}{\Delta}$

$$\frac{\tau_2}{\Delta} = \frac{1.2}{0.57} \approx 2,$$

已知 $\frac{C}{C_n} = 4$ 和 $\frac{\tau_2}{\Delta} = 2$, 由曲线和表格

查得

$$A = 0.6, B = 1.52, D = 0.21。$$

7) 根据上述运算结果, 可确定

$$U_{2m} = AU_{20} = 0.6 \times 108 = 65 \text{ 伏,}$$

$$\tau_n = B\tau_{R0} = 1.52 \times 2.24 = 3.71 \text{ 微秒,}$$

$$\tau_\Phi = D\tau_n = 0.21 \times 3.71 = 0.78 \text{ 微秒。}$$

2. 电容微分电路的验算

已知: $E, \Delta, R, R_1, C, C_1$ 及 C_2 , 需要确定输出脉冲参数 U_{2m}, τ_n 及 τ_Φ 。

1) 计算起始充电电流(图 1.1)

$$I_{sm} = \frac{E}{R + R_1}。$$

2) 求出:

$$U_{20} = I_{sm} \cdot R = \frac{E}{R + R_1} \cdot R,$$

3) 决定脉冲宽度

$$\tau_{R0} = 2.3C(R + R_1)。$$

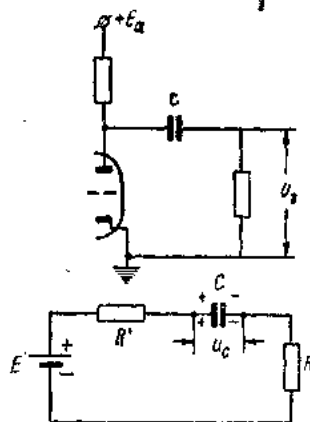


图 1.7