

Report on the Experiment

No. 9

Subject SCR および UJT の諸特性実験

Date 2020. 09. 01

Weather 晴れ Temp 29.2 °C Wet 54 %

Class	E4
Group	2
Chief	
Partner	井上 隆治
	重見 達也
	宮崎 拓也
	森 和哉

No	14
Name	小畠 一泰

Kure National College of Technology

1 目的

SCR(Silicon controlled rectifier) 及び, UJT(Unijunction transistor) 素子の静特性を理解し, さらにそれらの応用例について動作原理を理解する.

2 使用器具

2.1 SCR 静特性測定

- E_1 : 直流電源 PD110-5A
- E_2 : 直流電源菊水 PAD1K-0.2L
- I_P : 直流電流計 1 [mA] (管理番号: 25)
- I_G : 直流電流計 3/10/30/100 [μ A] (管理番号: 9)
- E_G : 直流電圧計 150/300 [V] (管理番号: 35)
- EPK: 真空管電圧計 VP-916A 1000 [V]
- 測定用キット (R2, R3 実装)
- R_1 : 抵抗:1 [M Ω] ペーク板に実装
- SW_1 : 電源 E_1 に付属のものを使用
- SW_2 : 直流用開閉器

2.2 UJT 静特性測定

- E_1 : 直流電源 PD110-5A
- E_2 : 直流電源 PR36-3A
- I_E : 直流電流計 10/30/100 [mA] (管理番号: 25)
- I_{BB} : 直流電流計 1/3/10/30 [mA] (管理番号: 23)
- E_E : 直流電圧計 15/30 [V] (管理番号: 20)
- E_{BB} : 直流電圧計 150/300 [V] (管理番号: 35)
- 測定用キット ($R = 1$ [k Ω] 付属)
- SW_1 : 電源 E_1 に付属のものを使用
- SW_2 : 直流用開閉器

2.3 位相制御回路の波形観測

- I_L : 交流電流計 (熱電計) 100/200/500/1000 [mA] (NO. 04848M)
- E_V : 交流電圧計 (熱電計) 15/30/75/150 [V] (は.10-350)
- 測定用キット ($R = 1$ [k Ω] 付属)
- デジタルオシロスコープ (RIGOL)

3 測定方法および実験結果

3.0.1 SCR 静特性測定

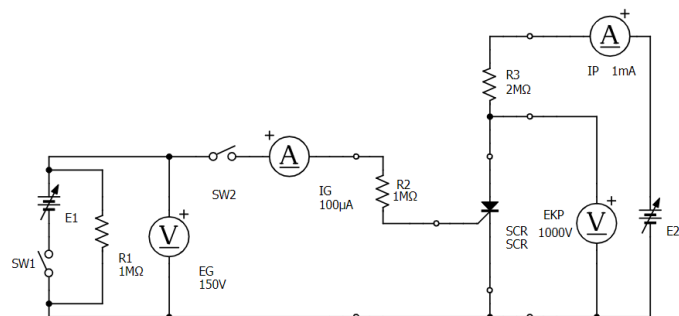


図 1: SCR 測定回路

1. 図 1 にしたがって結線し, $I_G = 0$ [μA] (SW_1, SW_2 :開路) のとき, E_2 を 0 [V] より徐々に上昇させ導通領域に入るまでの I_P , E_{PK} を測定した.
2. E_2 を約 1000 [V] より徐々に減じ, 阻止領域へ入るまでの I_P , E_{PK} を測定した.
3. $I_G = 20, 40$ [μA] (SW_1, SW_2 :閉路) として, 上記と同様に測定した.

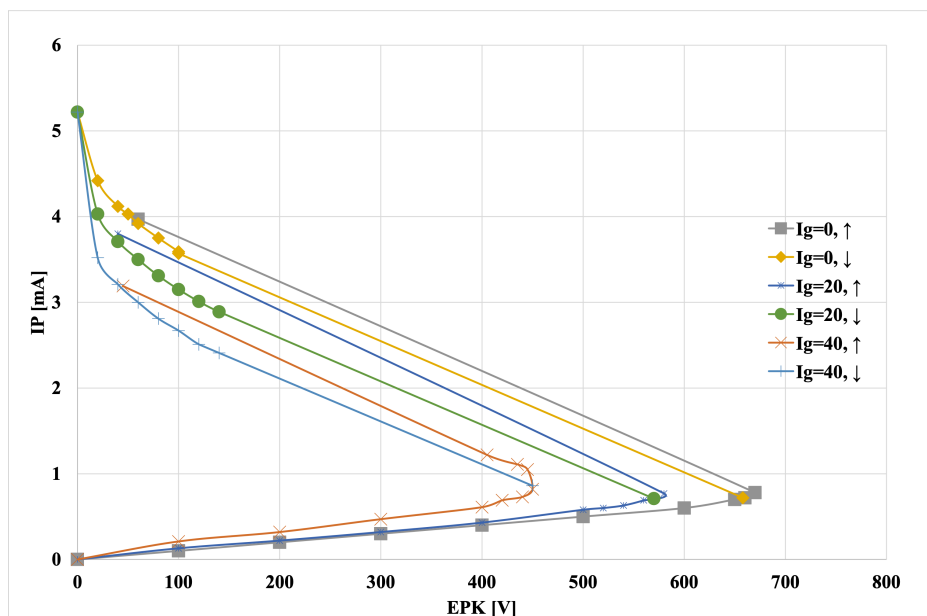


図 2: SCR の静特性曲線

表 1: $I_G = 0$ [μA] のとき

E_2 [V]	I_P [mA]	E_{PK} [V]	E_2 [V]	I_P [mA]	E_{PK} [V]
0	0	0	1003.5	5.22	0
118.5	0.10	100	835.1	4.03	50
239.3	0.20	200	795.6	3.59	100
354.4	0.30	300	878.5	4.42	20
471.3	0.40	400	842.6	4.12	40
591.1	0.50	500	822.5	3.92	60
711.6	0.60	600	807.7	3.75	80
777.9	0.70	650	794.9	3.57	100
795.2	0.72	660	788.9	0.72	658
813.0	0.78	670			
830.0	3.97	60			

表 2: $I_G = 20$ [μA] のとき

E_2 [V]	I_P [mA]	E_{PK} [V]	E_2 [V]	I_P [mA]	E_{PK} [V]
0	0	0	1003.5	5.22	0
126.8	0.13	100	805.8	4.03	20
246.7	0.22	200	767.2	3.71	40
362.9	0.32	300	774.8	3.50	60
480.4	0.43	400	729.7	3.31	80
604.3	0.58	500	718.6	3.15	100
629.8	0.60	520	710.6	3.01	120
656.1	0.63	540	704.6	2.89	140
687.1	0.69	560	702.1	0.71	570
723.0	0.77	580			
779.4	3.80	40			

表 3: $I_G = 40$ [μA] のとき

E_2 [V]	I_P [mA]	E_{PK} [V]	E_2 [V]	I_P [mA]	E_{PK} [V]
0	0	0	1003.5	5.22	0
142.4	0.21	100	709.8	3.52	20
263.2	0.32	200	673.9	3.21	40
387.6	0.47	300	650.7	3.00	60
517.1	0.61	400	636.0	2.81	80
545.9	0.69	420	625.7	2.67	100
580.4	0.73	440	618.6	2.51	120
607.5	0.82	450	613.4	2.41	140
643.3	1.05	445	611.3	0.86	450
647.6	1.11	435			
672.0	3.19	45			

3.0.2 UJT 静特性測定

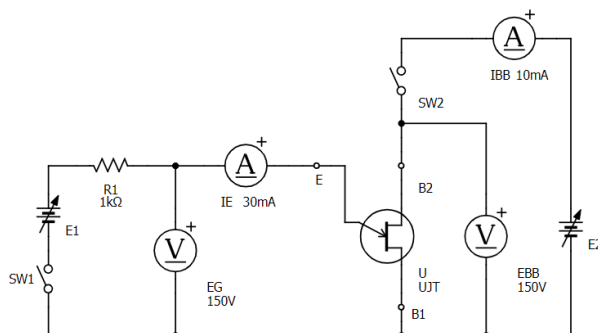


図 3: UJT 測定開路

1. 図 3 のように結線し, $E_{BB} = 15$ [V] にした. V_E を 0 より上昇させていき, ピーク点電圧を測定した. I_E を 20 [mA] より減少させ, V_E, I_{BB} を記録した.
2. $V_{BB} = 10, 5, 0$ [V] として上記と同様に測定した. ただし, $V_{BB} = 0$ [V] 時はピーク点電圧の測定はしなかった.

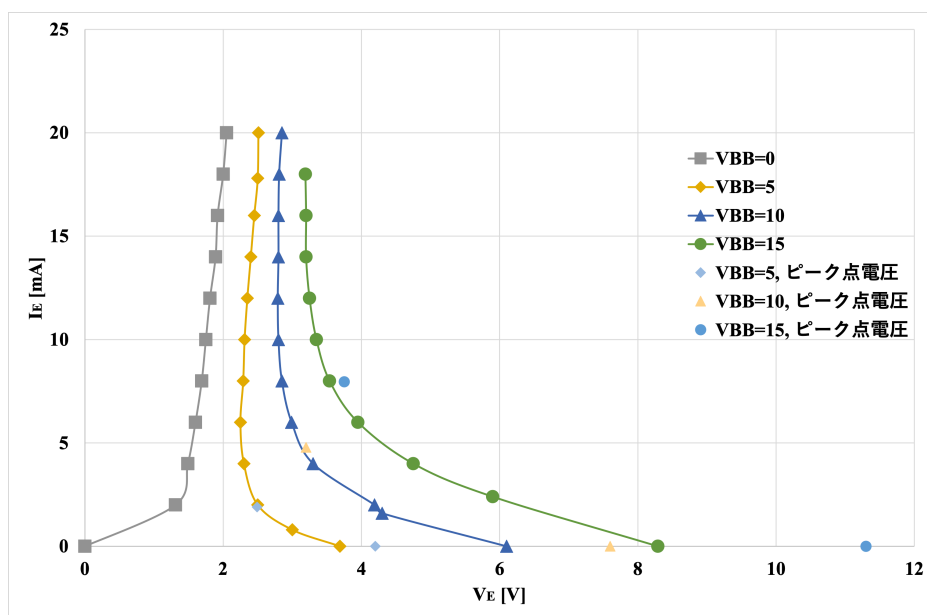


図 4: UJT の特性曲線

表 4: $V_{BB} = 15$ [V] のとき

V_E [V]	I_E [mA]	I_{BB} [mA]
3.19	18.00	9.60
3.20	16.00	9.05
3.20	14.00	8.49
3.25	12.00	7.89
3.35	10.00	7.28
3.54	8.00	6.59
3.95	6.00	5.88
4.75	4.00	5.01
5.90	2.40	4.20
8.29	0.00	2.08

表 5: $V_{BB} = 15$ [V] のときのピーク点電圧

V_E [V]	I_E [mA]	I_{BB} [mA]
11.30	0	2.11
3.75	7.96	6.81

表 6: $V_{BB} = 10$ [V] のとき

V_E [V]	I_E [mA]	I_{BB} [mA]
2.85	20.00	9.49
2.81	18.00	8.92
2.80	16.00	8.39
2.80	14.00	7.81
2.79	12.00	7.21
2.80	10.00	6.58
2.85	8.00	5.89
2.99	6.00	5.16
3.30	4.00	4.31
4.19	2.00	3.32
4.30	1.60	3.10
6.10	0.00	1.45

表 7: $V_{BB} = 10$ [V] のときのピーク点電圧

V_E [V]	I_E [mA]	I_{BB} [mA]
7.6	0	1.45
3.2	4.79	4.71

表 8: $V_{BB} = 5$ [V] のとき

V_E [V]	I_E [mA]	I_{BB} [mA]
2.51	20	8.35
2.50	17.80	7.81
2.45	16.00	7.35
2.40	14.00	6.82
2.35	12.00	6.28
2.31	10.00	5.69
2.29	8.00	5.02
2.25	6.00	4.31
2.30	4.00	3.5
2.50	2.00	2.51
3.00	0.80	1.76
3.69	0.00	0.79

表 9: $V_{BB} = 5$ [V] のときのピーク点電圧

V_E [V]	I_E [mA]	I_{BB} [mA]
4.20	0	0.80
2.49	1.9	2.49

表 10: $V_{BB} = 0$ [V] のとき

V_E [V]	I_E [mA]	I_{BB} [mA]
2.05	20.00	0
2.00	18.00	0
1.92	16.00	0
1.89	14.00	0
1.81	12.00	0
1.75	10.00	0
1.69	8.00	0
1.60	6.00	0
1.49	4.00	0
1.31	2.00	0
0.00	0.00	0

3.0.3 位相制御回路の波形観測

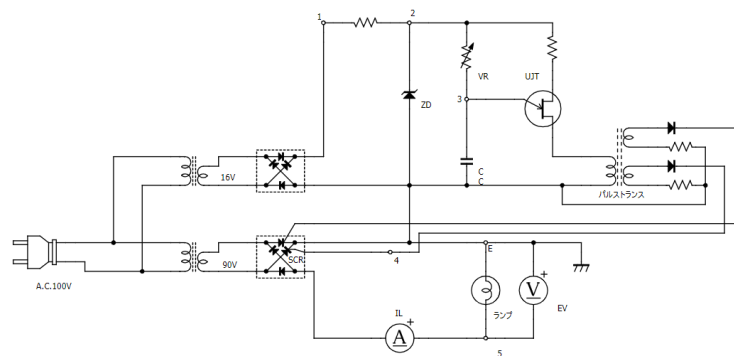


図 5: SCR・UJT 位相制御回路

1. 図 5 のように結線し、オシロスコプのアースを図の E 点に接続し、1～5 の波形を観測し記録した。

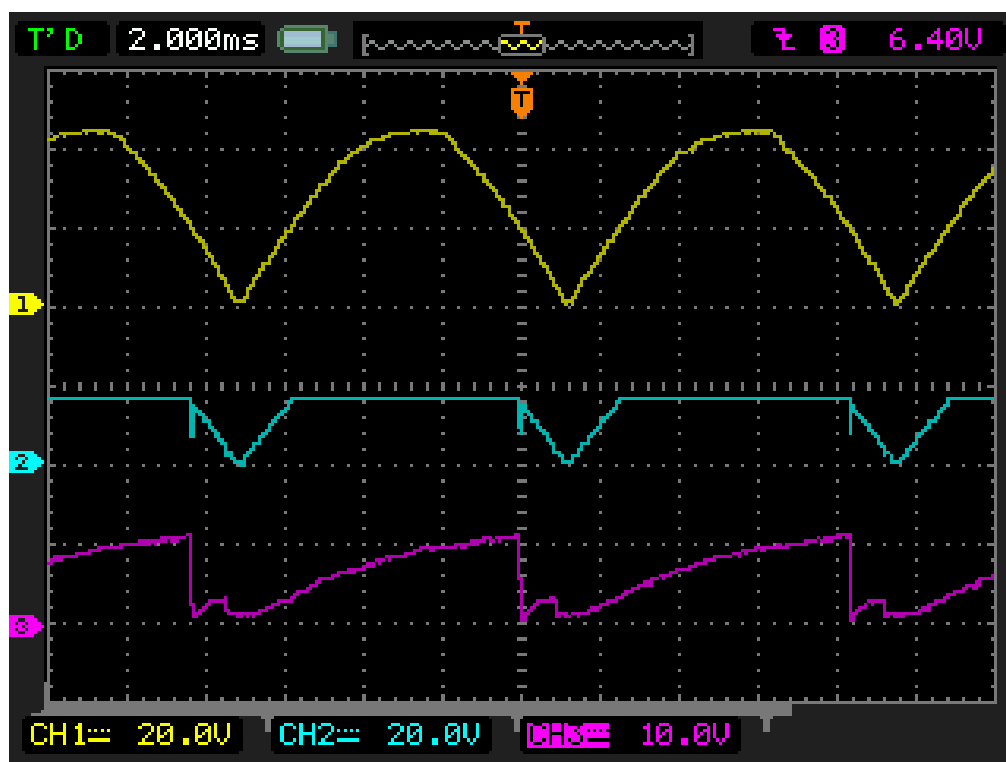


図 6: 上から 1～3 の波形

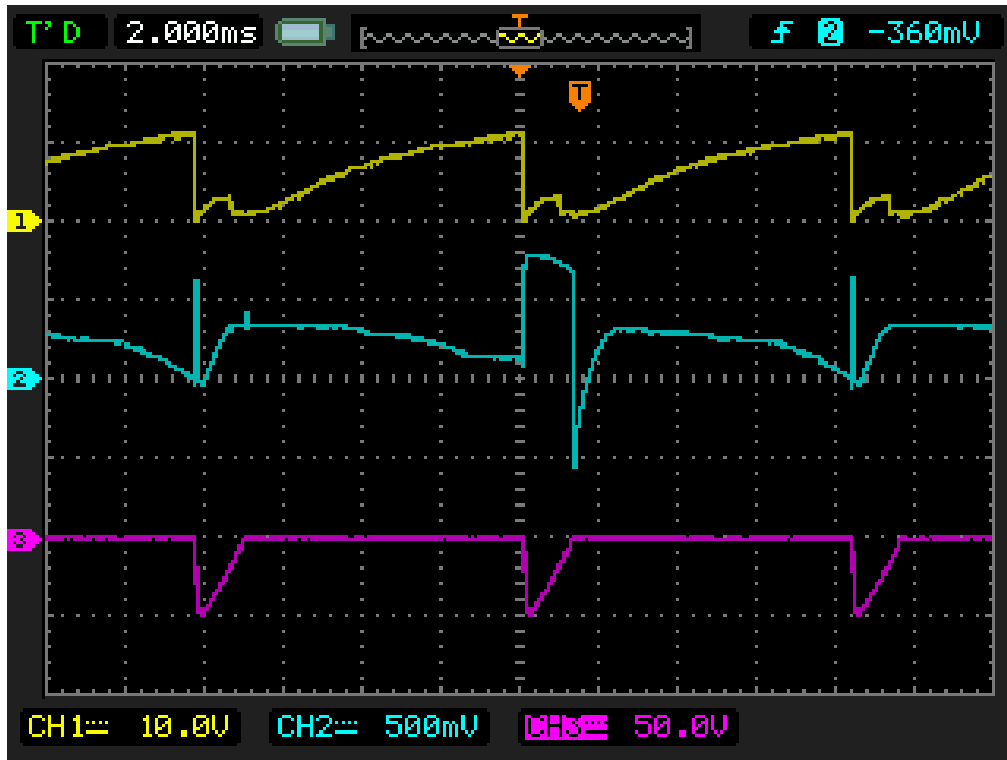


図 7: 上から 3~5 の波形

2. VR を最小の位置から徐々に増大し点呼角 θ に対する I_L, E_V の値を測定した.

表 11: 点弧角 θ に対する I_L, E_V の測定結果

Δt [ms]	θ°	E_V [V]	I_L [mA]
1.04	22.46400	91.490	330
1.52	32.83200	90.160	326
2.00	43.20000	86.870	320
2.56	55.29600	84.430	312
3.04	65.66400	79.500	306
3.76	81.21600	70.400	284
4.40	95.04000	60.230	264
5.20	112.32000	46.960	230
5.92	127.87200	30.260	188
6.40	138.24000	22.920	164
6.96	150.33600	13.120	130
7.44	160.70400	5.841	99
7.84	169.34400	2.100	62
8.33	180.00000	0.000	0

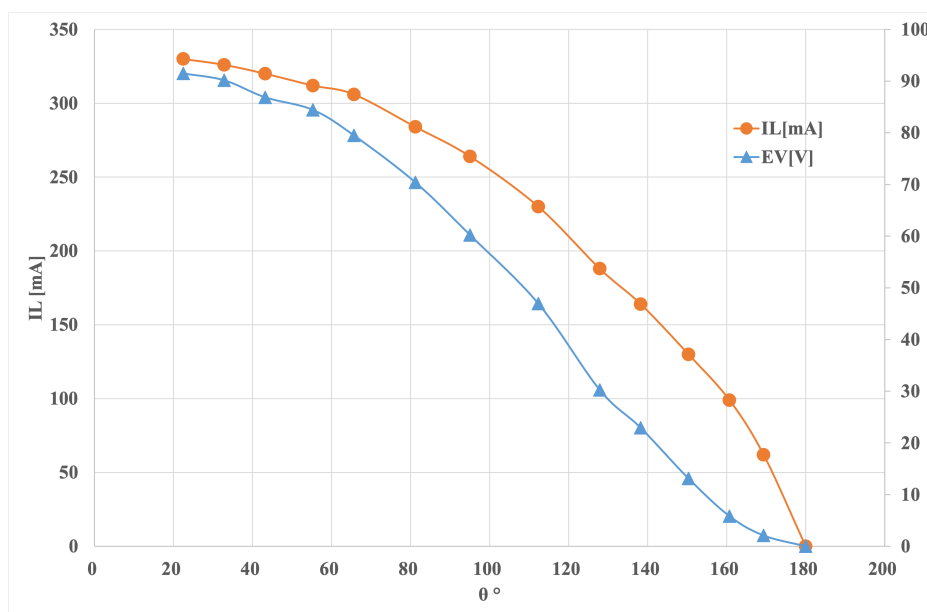


図 8: SCR・UJT 位相制御回路の特性曲線

4 考察

1. SCT・UJT 位相制御回路で観測した波形 1～5 について理論的解析を行え。

図 6 と 図 7 を参照しつつ考察を行う。

まず点 1 では, AC(100 [V]) より, 60Hz の交流波形が印加されブリッジ形全波整流回路によって全波整流に整流している。

次に点 2 では, ツェナーダイオードを使ったクランプ回路により電圧をカットするため上部が歪む。

次に点 3 では, RC 積分回路によって点 2 の波形が積算され, UJT のピーク電圧に達すると UJT が ON になり, 放電が始まる。放電後再度積算が始まるが, (2) の電圧が 0 に落ちるとその時点で積算が終了し放電する。

また, 点 4 では点 3 の波形がパルスとダイオードによって, 一定の電圧を超えた際に UJT が ON になり, トランスに一瞬電流が流れる。それがパルスとなり, トランス内に磁束が発生, もう一方のコイルに電磁誘導による電圧が発生している。

点 5 では, (1) 同様に整流されるが, ブリッジ内に SCR が存在するため I_G が流れた (パルスと同期している) タイミングより正弦波の全波整流を行なっている。

2. 総合的考察。

図 7 の 4 の波形のパルス幅が異なるのは SCR のオンになる条件によるものであり, その条件は SCR は素子の電圧の掛け方とゲート電流の有無により変わる。したがって波形のパルス幅が広い時は正弦波が正であり, ゲート電流が入力された時, パルス幅が狭い時は正弦波の負とゲート電流が入力されなかったときとなる。

また, 図 8 において, 電流と電圧は比例の関係にあるため曲線はほぼ等しくなりシフトするはずであるが, 特性曲線では微妙にズレている。これはフィラメントの温度上昇に伴い抵抗値が変化するからであると考えられる。

5 研究

1. SCR, UJT の応用例を示せ.

SCR: 直流送電や静止形無効電力補償装置, 電動機速度制御などに用いられる.

図 9 は扇風機の制御回路で電源投入時は C_3 の充電電流でサイリスタを即時に導通させ, C_3 が充電されるに及んで C_4 の充電電圧により所定の位相でトリガする.

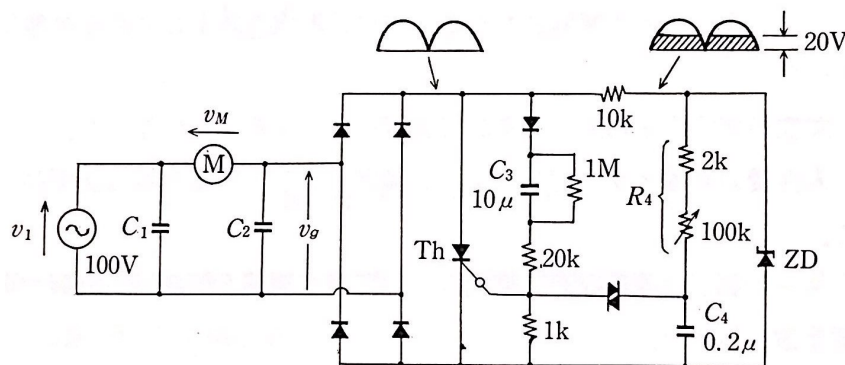


図 9: 扇風機の制御回路

UJT: SCR へのトリガーである. 直流の制御電圧増加に伴ってオンとなる時間が増加するよう, 直流電圧も UJT を制御するのに使うことができる, この使い方は大きな交流の制御に重要である.

また, 図 10 は UJT を用いた CR の弛張発振回路で, UJT がオフの期間 v_c は $v_c = E(1 - e^{-(t/CR_1)})$ で立ち上がり, これが V_p に達すると UJT はオンし, C の電荷は第一ベース B_1 を通って瞬時に放電するから B_1 に接続されている変圧器の 2 次にはパルス電圧 v_g が発生し, これを Th のゲートに加える. またパルスの発振周波数は図の R_1 を加減することで調整できる.

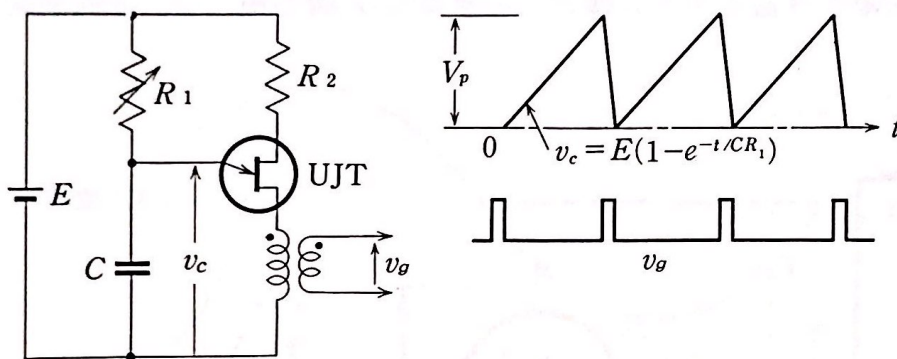


図 10: CR 弛張発振回路

6 参考文献

- 電力用半導体素子の種類と特性ダイオード、サイリスタ、GTO、IGBT | 公益社団法人日本電気技術者協会 (<https://jeea.or.jp/course/contents/12119/>)

- ユニジャンクショントランジスタ (<https://ja.wikipedia.org/wiki/ユニジャンクショントランジスタ>)
- 基礎パワーエレクトロニクス pp.106-109 著 宮入庄太 丸善株式会社出版 2002 年