Universidade Federal do Rio de Janeiro
Escola Politécnica

DATA / /

GRAUS
1
2
3
4
5

Aluno(a): Aula Teórica #13

Disciplina: EEL315 — Eletrônica I

Turma:

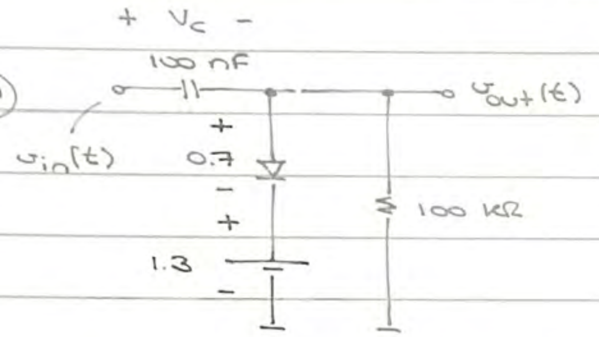
Professor(a): José Gabriel

7) Grampeadores de Tensão ("Clampers" ou "DC Level Changing Circuits" ou "Diode Clamping Circuits")

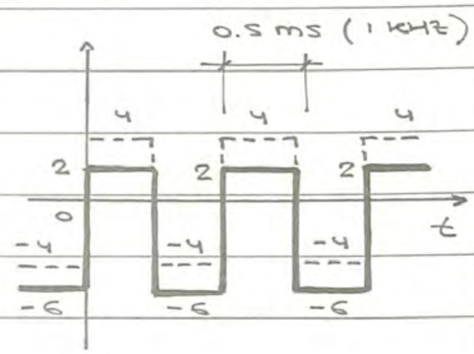
Obs.: Google "image search": diode DC level changing

diode clamping circuit

7.1

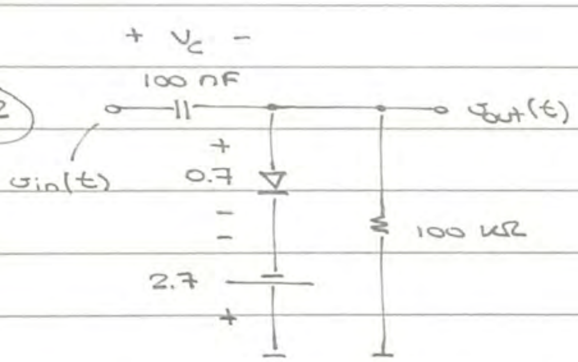


v_{in}	v_{out}	V_C
4	2	2
-4	-6	2
4	2	2
4	-6	2

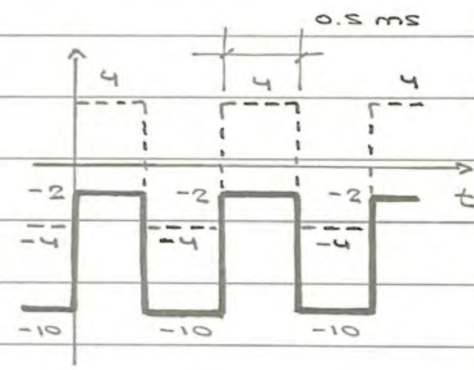


Na entrada $v_{in}(t)$, temos $V_{DC}=0$. Na saída, temos $V_{DC}=-2V$. Agora a relação estática entre v_{in} e v_{out} não existe mais, porque o capacitor pode sustentar tensão fixa entre v_{in} e v_{out} em diferentes instantes de tempo t.

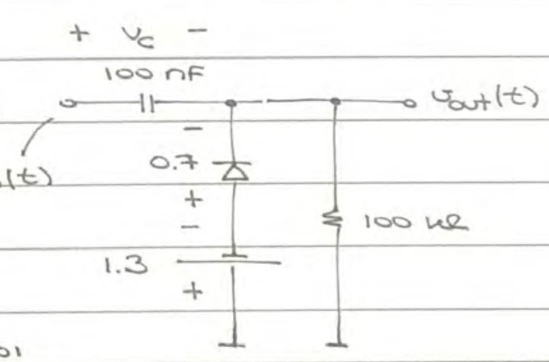
7.2



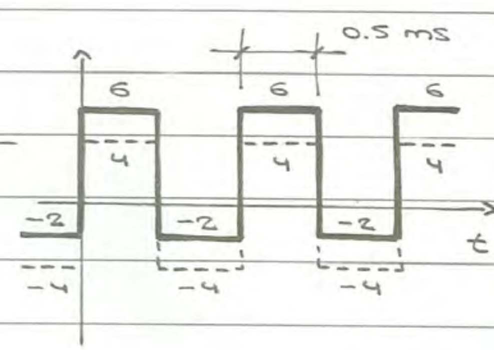
v_{in}	v_{out}	V_C
4	-2	6
-4	-10	6
4	-2	6
-4	-10	6

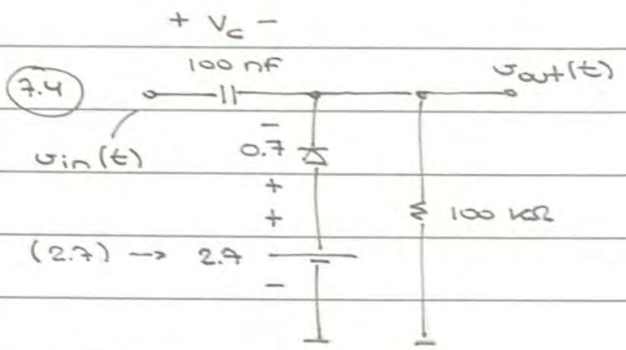


7.3

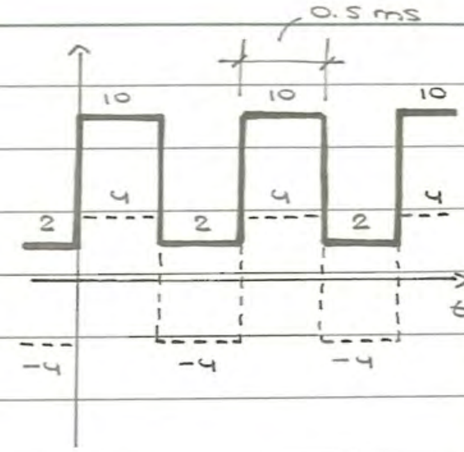


v_{in}	v_{out}	V_C
-4	-2	-2
4	6	-2
-4	-2	-2
4	6	-2





v_{in}	v_{out}	V_c
−4	2	−6
4	10	−6
−4	2	−6
4	10	−6

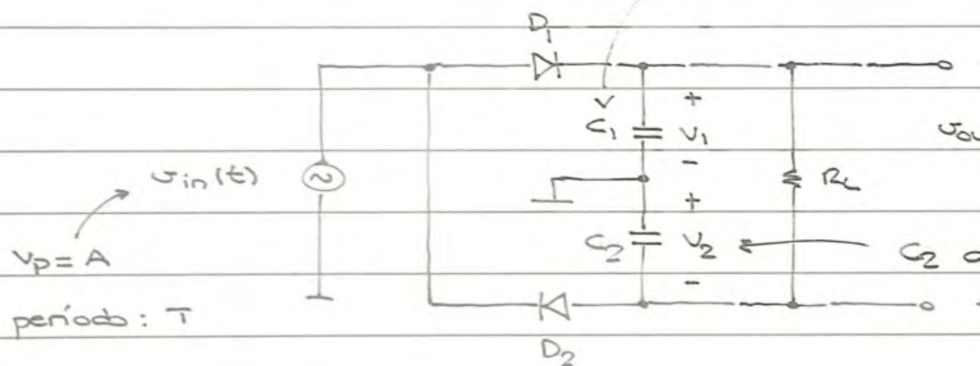


(8) Multiplicadores de Tensão ("Voltage Multipliers")

Geram, a partir de uma voltagem alternada com amplitude de pico igual a A, uma voltagem DC com um valor múltiplo de A.

(8.1) Duplicador de Tensão:

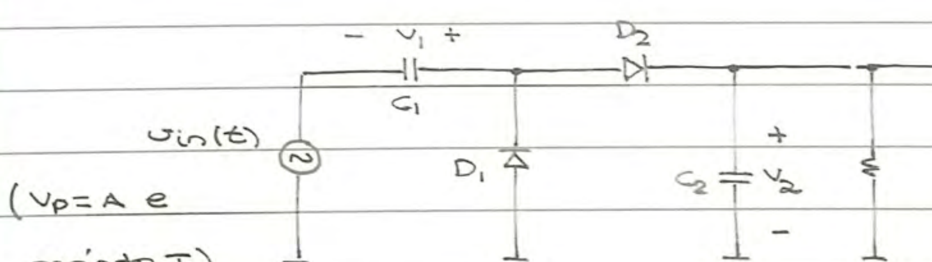
C_1 armazena $V_1 = A$ no primeiro pico positivo de $v_{in}(t)$.



$v_{out}(t) = 2A$, se $t > 2T$ (constante)

C_2 armazena $V_2 = A$ no primeiro pico negativo de $v_{in}(t)$.

(8.2) Outro Duplicador de Tensão (Greinacher):

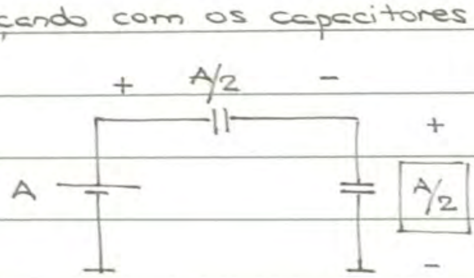


$\lim_{t \to \infty} v_{out}(t) = 2A$ (constante)

(Capacitores iguais $C_1 = C_2 = C$)

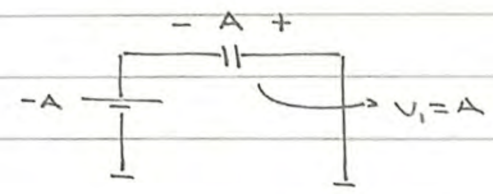
Análise do Duplicador de Greinacher:

a) Começando com os capacitores descarregados, temos:



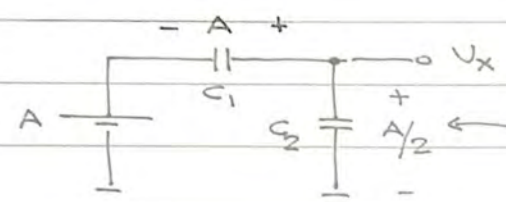
$V_1 = -A/2$ e $V_2 = A/2$, no primeiro pico positivo da entrada $v_{in}(t)$.

b) No primeiro pico <u>negativo</u> da entrada, temos:



(e isso vale, de forma mais geral, para todos os picos negativos da entrada $v_{in}(t)$)

c) No segundo pico positivo da entrada, temos a seguinte condição <u>inicial</u>:



← voltagem proveniente do ciclo anterior

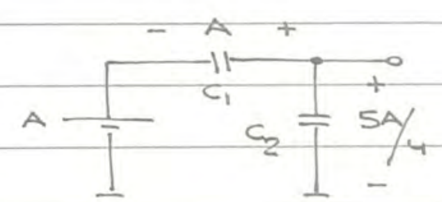
- O capacitor C_1 se descarregará de $V_1 = A$ (voltagem inicial) para $V_1 = V_x - A$ (voltagem final). Então: $\Delta q_1 = CA - C(V_x - A)$.
- O capacitor C_2 se carregará de $V_2 = A/2$ (voltagem inicial) para $V_2 = V_x$ (voltagem final). Então: $\Delta q_2 = CV_x - CA/2$.
- Toda a carga que sai de C_1 vai para C_2 (porque C_1 e C_2 estão em série).

Então: $\Delta q_1 = \Delta q_2 \implies CA - C(V_x - A) = CV_x - CA/2$

$$A - V_x + A = V_x - A/2$$

$$2V_x = 5A/2 \longrightarrow \boxed{V_x = 5A/4}$$

d) No <u>terceiro</u> pico positivo da entrada, temos a seguinte condição inicial:



- O capacitor C_1 se descarregará de $V_1 = A$ para $V_1 = V_x - A$. Então $\Delta q_1 = CA - C(V_x - A)$.
- O capacitor C_2 se carregará de $V_2 = 5A/4$ para $V_2 = V_x$. Então $\Delta q_2 = CV_x - C.5A/4$.
- Então: $CA - C(V_x - A) = CV_x - C.5A/4$

$$A - V_x + A = V_x - \frac{5A}{4} \longrightarrow 2V_x = 2A + \frac{5A}{4} \longrightarrow \boxed{V_x = \frac{13A}{8}}$$

E assim, progressivamente, temos: $A - V_x + A = V_x - 13A/8 \implies V_x = \frac{29A}{16}$

$$A - V_x + A = V_x - 29A/16 \implies V_x = \frac{61A}{32}$$

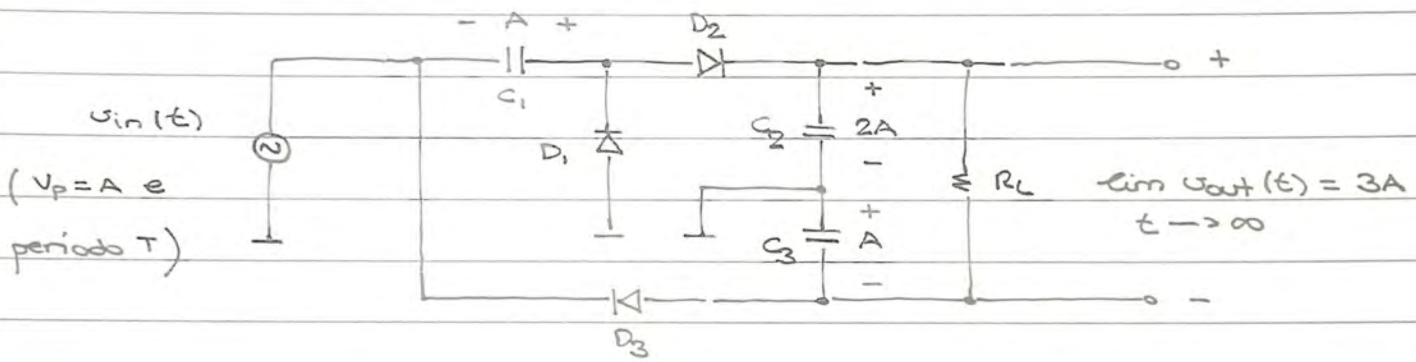
Os valores $\frac{A}{2}, \frac{5A}{4}, \frac{13A}{8}, \frac{29A}{16}, \frac{61A}{32}, \ldots$ formam uma série que converge para $\underline{\underline{2A}}$.

$$\underbrace{+\frac{3A}{4} \quad +\frac{3A}{8} \quad +\frac{3A}{16} \quad +\frac{3A}{32} \quad \ldots}$$

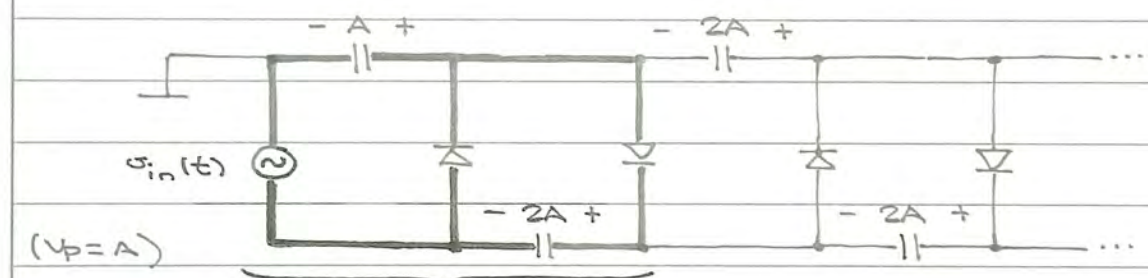
$$\frac{3A}{4}\underbrace{\left(1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{4} + \frac{1}{8} + \ldots\right)}_{2} \implies \frac{A}{2} + \frac{3A}{2} = 2A$$

Então: $\lim_{t \to \infty} v_{out}(t) = 2A$

8.3 Triplicador de Tensão combinando as Seções 8.1 e 8.2

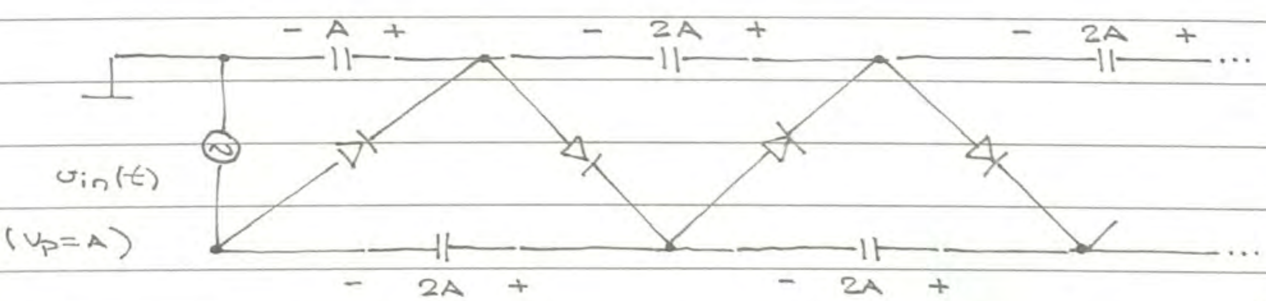


8.4 Multiplicador de Tensão Genérico (caso geral da Seção 8.2)

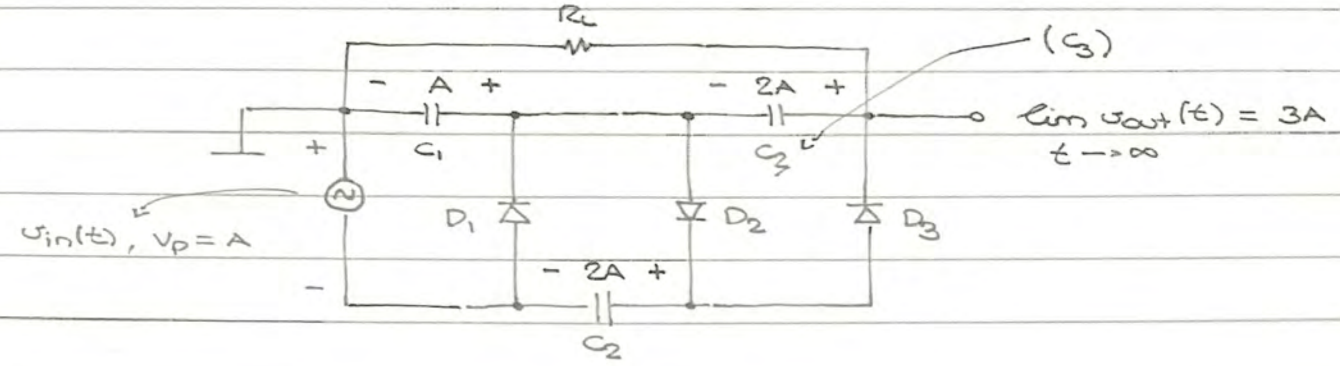


Analisado na Seção 8.2. Compare.

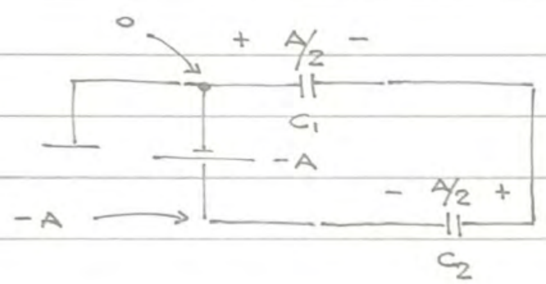
· Desenho alternativo (apenas uma forma diferente de desenhar o diagrama esquemático acima. É o mesmo circuito):



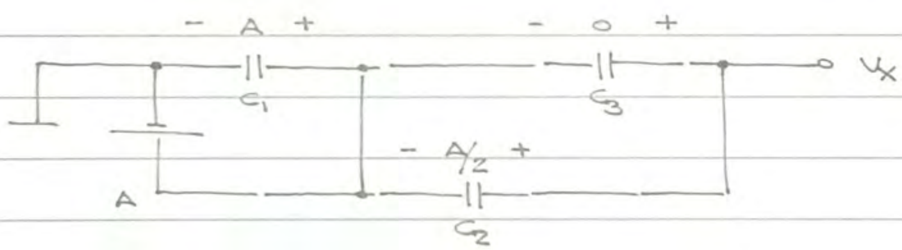
8.5 Triplicador de Tensão (a partir da Topologia Genérica da Seção 8.4)



Para demonstrar o funcionamento do triplicador, podemos aplicar o mesmo método de análise aplicado na Seção 8.2. Começando pelo primeiro pico positivo de $v_{in}(t)$, temos $V_1 = -A/2$ e $V_2 = A/2$.



· No primeiro pico negativo da entrada, C_1 se carrega diretamente até $V_1 = A$ e temos a seguinte condição inicial para C_2 e C_3:



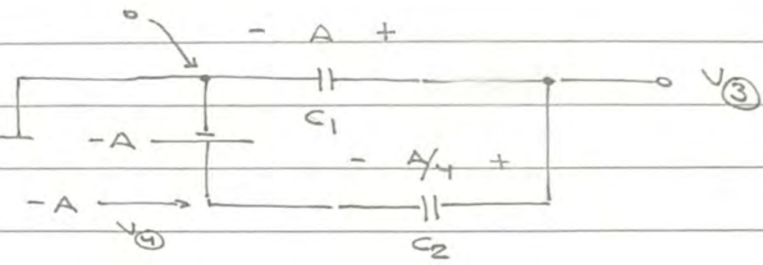
· $V_{C2,inicial} = A/2$ e $V_{C2,final} = V_x - A \longrightarrow \Delta q_2 = \frac{CA}{2} - C(V_x - A)$

· $V_{C3,inicial} = 0$ e $V_{C3,final} = V_x - A \longrightarrow \Delta q_3 = C(V_x - A) - 0$

· Então: $\frac{A}{2} - V_x + A = V_x - A \implies 2V_x = \frac{5A}{2} \implies \boxed{V_x = \frac{5A}{4}}$

E, sabendo que $V_x = \frac{5A}{4}$, temos: $V_{C2,final} = V_{C3,final} = \frac{A}{4}$ //

Em seguida:



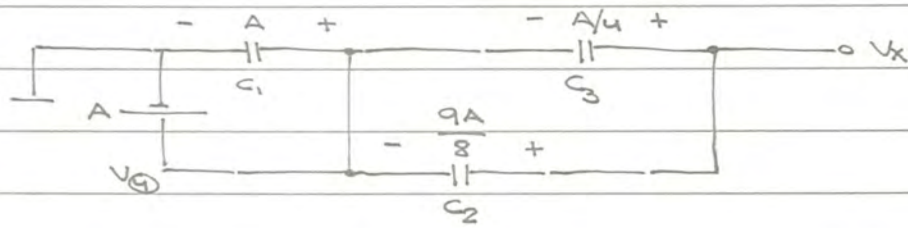
· $V_{C1,\,inicial} = A$ e $V_{C1,\,final} = V_{③}$

$V_{C2,\,inicial} = A/4$ e $V_{C2,\,final} = V_{③} + A$

$A - V_{③} = V_{③} + A - A/4 \implies 2V_{③} = A/4$

$V_{③} = A/8$ e então $V_{C2,\,final} = 9A/8$ //

Em seguida:



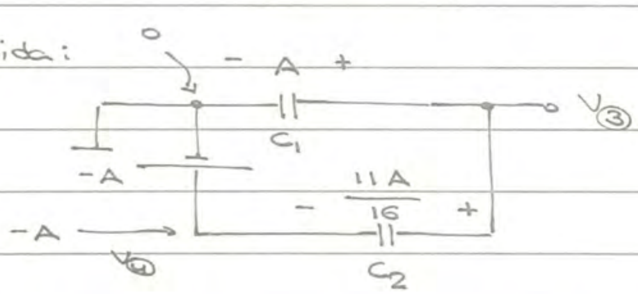
· $V_{C2,\,inicial} = \frac{9A}{8}$ e $V_{C2,\,final} = V_x - A \implies \Delta q_2 = C.\frac{9A}{8} - C(V_x - A)$

· $V_{C3,\,inicial} = \frac{A}{4}$ e $V_{C3,\,final} = V_x - A \implies \Delta q_3 = C(V_x - A) - CA/4$

$\frac{9A}{8} - V_x + A = V_x - A - \frac{A}{4} \implies 2V_x = 27A/8$

$\boxed{V_x = \frac{27A}{16}}$ e $V_{C2,\,final} = V_{C3,\,final} = \frac{11A}{16}$ //

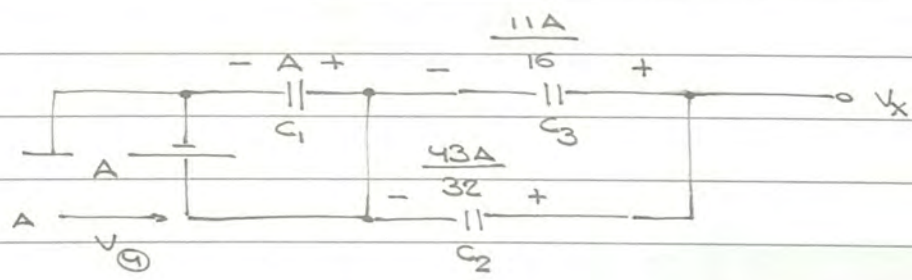
Em seguida:



$A - V_{③} = V_{③} + A - \frac{11A}{16}$, então:

$V_{③} = \frac{11A}{32}$ e $V_{C2,\,final} = \frac{43A}{32}$ //

Em seguida:



· De forma análoga à do ciclo anterior, temos: $\frac{43A}{32} - V_x + A = V_x - A - \frac{11A}{16}$

$\boxed{V_x = \frac{129A}{64}}$ e $V_{C2,\,final} = V_{C3,\,final} = \frac{65A}{64}$ //

· Continuando mais algumas iterações (observando que $V_4 = -V_{IN}$), temos:

$\boxed{V_4 = -A}$: $A - V_3 = V_3 + A - \frac{65}{64}A \implies V_3 = \frac{65}{128}A$

$E \quad V_{C2,final} = \frac{193}{128}A$

$\boxed{V_4 = A}$: $\frac{193}{128}A - V_x + A = V_x - A - \frac{65}{64}A$

$\boxed{V_x = \frac{579}{256}A}$ e $V_{C2,final} = V_{C3,final} = \frac{323}{256}A$

$\boxed{V_4 = -A}$: $A - V_3 = V_3 + A - \frac{323}{256}A \implies V_3 = \frac{323}{512}A$

$E \quad V_{C2,final} = \frac{835}{512}A$

$\boxed{V_4 = A}$: $\frac{835}{512}A - V_x + A = V_x - A - \frac{323}{256}A$

$\boxed{V_x = \frac{2505}{1024}A}$ e $V_{C2,final} = V_{C3,final} = \frac{1481}{1024}A$

$\boxed{V_4 = -A}$: $A - V_3 = V_3 + A - \frac{1481}{1024}A \implies V_3 = \frac{1481}{2048}A$

$E \quad V_{C2,final} = \frac{3529}{2048}A$

$\boxed{V_4 = A}$: $\frac{3529}{2048}A - V_x + A = V_x - A - \frac{1481}{1024}A$

$\boxed{V_x = \frac{10587}{4096}A}$ e $V_{C2,final} = V_{C3,final} = \frac{6491}{4096}A$

Resumindo ...

Resumindo, temos as seguintes sequências de valores temporais de $V_{④}$, V_{C1}, V_{C2}, V_{C3}, $V_{③}$ e V_x:

$V_{④}$	C_1	C_2	C_3	$V_{③}$	V_x
$-A$	$-\frac{A}{2}$	$\frac{A}{2}$	0	$-\frac{A}{2}$	
A	A	$\frac{A}{4}$		$\frac{5A}{4}$	
$-A$	$\frac{A}{8}$	$\frac{9}{8}A$	$\frac{A}{4}$	$\frac{A}{8}$	
A	A	$\frac{11}{16}A$		$\frac{27}{16}A$	
$-A$	$\frac{11}{32}A$	$\frac{43}{32}A$	$\frac{11}{16}A$	$\frac{11}{32}A$	
A	A	$\frac{65}{64}A$		$\frac{129}{64}A$	
$-A$	$\frac{65}{128}A$	$\frac{193}{128}A$	$\frac{65}{64}A$	$\frac{65}{128}A$	
A	A	$\frac{323}{256}A$		$\frac{579}{256}A$	
$-A$	$\frac{323}{512}A$	$\frac{835}{512}A$	$\frac{323}{256}A$	$\frac{323}{512}A$	
A	A	$\frac{1481}{1024}A$		$\frac{2505}{1024}A$	
$-A$	$\frac{1481}{2048}A$	$\frac{3529}{2048}A$	$\frac{1481}{1024}A$	$\frac{1481}{2048}A$	
A	A	$\frac{6491}{4096}A$		$\frac{10587}{4096}A$	

E, assim por diante, temos:

$$V_{out} = \lim_{t\to\infty} v_{out}(t) = \lim_{t\to\infty} V_x = \frac{5A}{4} + \left(\frac{7A}{16} + \frac{21A}{64} + \frac{63A}{256} + \frac{189A}{1024} + \frac{567A}{4096} + \ldots\right)$$

$$V_{out} = \frac{5A}{4} + \frac{7A}{12}\underbrace{\left(\frac{3}{4} + \frac{9}{16} + \frac{27}{64} + \ldots\right)}_{= \frac{(3/4)}{1-(3/4)} = 3}$$

Então: $V_{out} = \frac{5A}{4} + \frac{7A}{4} = \frac{12}{4} = \boxed{3A}$

$\lim_{t\to\infty} v_{out}(t) = 3A$, como queríamos demonstrar.

6