12/05/2020

parte do Trabalho ad2 de eletricidade  
título: análise de Circuitos diferenciadores e integradores:

OBJETIVOS 1.A.I / 1.B.ii (parte)

No apêndice encontra-se a transcrição dos objetivos 1.A e 1.B, os quais serão em parte cumpridos com esse texto explicativo.

1º) Simulação do problema P.788 item a, cujo texto deve ser corrigido para:

“a) Qual a largura mínima do pulso que possibilitará uma saída de diferenciador no *resistor* ?”

Resposta: Saída de diferenciador significa que a tensão na saída tem a forma aproximada da derivada temporal do sinal de entrada. Para isso T>10τ, como dito no enunciado, e como a constante de tempo é τ = RC = 60μs, a largura de pulso deve ser maior que 600μs.

Na simulação foi escolhido T=1000μs=1ms e TR=10ns (valor padrão). O pulso é a curva PR2:V(2) no gráfico, e tem amplitude de 1V. Devemos então plotar a tensão no resistor e compará-la com a taxa de variação do pulso, que é :

* infinita para t=0 (início da simulação: veja mais em “Detalhes da Simulação” no final do texto);
* zero para 0<t<1ms;
* d[V1(t)]/dt = (-1)/(10ns) = - 100MV/s na descida do pulso em t=1ms; e
* zero para t > 1ms.

A menos do intervalo de 5τ segundos que a corrente leva para se anular, a tensão no resistor (proporcional à corrente) apresenta o mesmo comportamento. Atinge, após a descida do pulso, o valor mínimo de -1V, com a corrente de pico (-1)/(300k) amperes. Novamente, passados 5τ segundos, a tensão no resistor se anula se igualando à taxa de variação do pulso.

Detalhes técnicos do ambiente MULTISIM LIVE importantes para essa simulação são dados no final. Segue captura da área de trabalho “Split” (circuito e gráfico) da simulação do circuito RC com saída no Resistor:

A picture containing white

Description automatically generated

2º) Simulação do problema P.788 item b:

“b) Se a saída tiver que ser uma forma integrada da entrada, qual será o valor máximo que a largura de pulso pode ter ?

Resposta: Saída de integrador significa que a tensão na saída tem a forma aproximada da integral no tempo do sinal de entrada. Para isso, T<0,1τ, como dito no enunciado, e portanto a largura de pulso deve ser menor que 6μs, valor escolhido na simulação.  
A integral do pulso é uma reta f(t)=1.t V.s, e a tensão no capacitor é aproximadamente uma reta com a inclinação inicial ΔV/τ = 1/(60μs) = 16,67 kV/s .

A screenshot of a computer

Description automatically generated

Detalhes da simulação:

1. A simulação deve ser do tipo TRANSIENTE (ou as vezes INTERATIVA), previamente definindo-se a duração do fenômeno (a qual foi 1,2ms e 10μs nos itens a e b, respectivamente);
2. O pulso de largura T foi obtido usando a fonte degrau negativo ocorrendo no instante TD=6 μs (“Delay time”). O instante t=0 marca o início da simulação, não sendo possível definir valores da fonte diferentes de zero para t < 0. Matematicamente, a função do tempo seria dada por V1(t) = u(t) - u(t-6) [μs,V]. Porém, o tempo de subida em t=0 é nulo (não tem sentido físico), enquanto em t=6us o TR=10ns (“Rise time”: é uma descida, mas é sempre denominado TR). TR pode ser alterado mas não deve ser anulado, pois esse valor deve ter sentido físico como deve ocorrer em uma simulação. O simulador poder dar o chamado erro de “convergência” para valores muito baixos de TR;
3. A fonte deve ser aterrada e as pontas de prova (PROBE = PR) devem medir/plotar apenas tensões de nós;
4. A condição inicial do capacitor DEVE ser definida, nesses casos foi sempre igual a zero. Para isso, ela deve ser definida no elemento (capacitor) e, em “SIMULATION SETTINGS”, “INITIAL CONDITIONS”, deve ser escolhida a opção “User Defined” (o padrão é determinar automaticamente, e geralmente o valor de regime permanente é calculado);
5. O circuito diferenciador com OPAMP é um circuito instável com a presença de ruídos e raramente utilizado na prática, como observado na seção 6.6.2, pág. 208 do livro-texto. Mas como estamos utilizando um simulador, é possível ajustar alguns parâmetros e observar o comportamento teórico do circuito.  
   O primeiro cuidado é com a tensão máxima na saída, que deve estar entre os valores definidos em **Vomp** e **Vomn** , ajustáveis no modelo do OPAMP 3T\_VIRTUAL (o mais simples e que deve ser utilizado para esse trabalho). Se a taxa de variação na entrada é muito alta, é esperada a chamada “saturação” do OPAMP, região de operação não-linear na qual a saída só assume um dos valores definidos em Vomp/Vomn. Pode ocorrer, portanto, uma falsa conclusão de que o diferenciador está funcionando se a saída esperada oscila entre dois valores constantes, como é o caso do exemplo 6.14 (pág. 209 do livro-texto). Além de ajustar os valores de Vomp/Vomn para evitar a saturação, também podemos:
   1. reduzir o valor de τ=RC; e/ou
   2. reduzir a taxa de variação da tensão de entrada, reduzindo a amplitude ou aumentando o período.

Algumas vezes uma rápida saturação não pode ser evitada e não constitui um problema, como numa subida ou descida de um pulso (veja acima a função degrau, parâmetro TR).  
O segundo problema ocorre quando a *segunda derivada da função é diferente de zero*, causando uma oscilação indesejada na saída. É possível reduzir e, às vezes, até eliminar as oscilações indesejáveis que ocorrem até estabilização no valor desejado na saída (taxa de variação do sinal de entrada). Dentre muitos ajustes possíveis, o mais eficaz em baixas frequências é simplesmente adicionar um **resistor em série com a fonte de tensão**, e variar seu valor até “suavizar” a transição. No caso do exemplo 6.14, encontrei o valor ideal dessa resistência em torno de **50 ohms**. Se a fonte é substituída pelo pulso do P7.88 (mas com os valores de R e C do Ex. 6.14 !) com TR=10ns, a oscilação aumenta bastante e inevitavelmente o operacional vai saturar !), o valor sobe para **340m ohms**.

OBS: Os dois circuitos dos P7.88 a e b podem ser copiados para outra conta e reutilizados dentro do ambiente MULTISIM LIVE, nos endereços <https://www.multisim.com/content/ofK3nRzcDhLDQE3c9dcoKa/rc-unit-pulse-response-r-output/open/>  
e  
<https://multisim.com/content/Z26z4SUKKRp9KWYwRoByEc/rc-unit-pulse-response/open/>

# apendice: Transcrição dos objetivos do trabalho ad-2:

# objetivos

Relembrando que a disciplina de Eletricidade aplica os conceitos das disciplinas FIS-2 e CAL-2 ao preparar para as habilitações do ciclo profissional, os grupos de aspirantes devem, ao final do TRABALHO AD2:

## Identificar, reconhecer as principais características e comparar entre si os seguintes tipos de circuitos diferenciadores e integradores:

### **Circuitos RC e RL alimentados por um pulso de largura T, como indicado nos problemas P7.88 e P7.89 da bibliografia indispensável;** e

### Circuitos Integrador e Diferenciador com Amplificador Operacional, analisados em detalhes nas subseções 6.6.1 e 6.6.2 da bibliografia indispensável, respectivamente.

## Agregar experiência prática básica na utilização dos seguintes softwares de cálculo e simulação, como auxílio no atingimento do objetivo A:

### [MATLAB MOBILE](https://www.mathworks.com/products/matlab-mobile.html" \o "Link para cadastro antes de baixar no celular ou tablet) (https://www.mathworks.com/products/matlab-mobile.html), oferecido gratuitamente pela empresa Mathworks após o cadastro de uma conta pessoal; e

### **[MULTISIM LIVE](https://www.multisim.com/" \o "Link para cadastro, acesso e utilização em navegadores suportados) (https://www.multisim.com), oferecido gratuitamente pela empresa National Instruments após o cadastro de uma conta pessoal.**