

Dzień dobry,

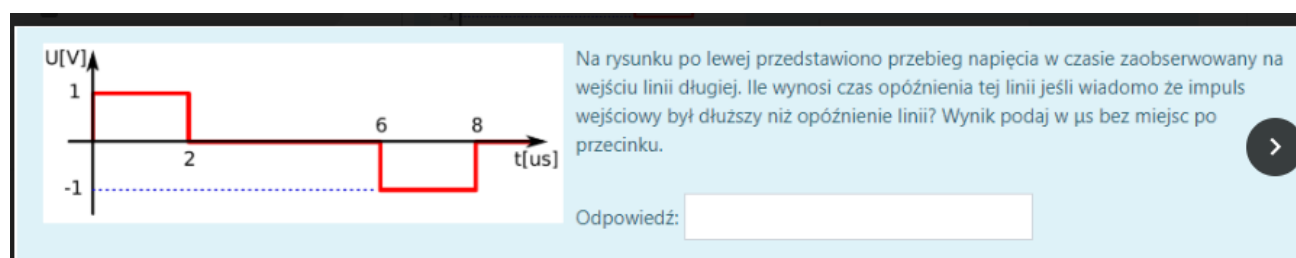
szczegółowe wyjaśnienia znajdziecie Panowie poniżej (pod obrazkami).

Generalnie we wszystkich tych pytaniach chodzi o superpozycję (sumę) fali padającej (wchodzącej do linii długiej, poruszającej się od wejścia do wyjścia) i fali odbitej (poruszającej się od wyjścia do wejścia). Milcząco w tych pytaniach zostało założone że linia jest zawsze dopasowana na wejściu (nie ma efektu pojemnościowego, czyli wielokrotnych odbić prawo<->lewo), jedynie przypadek gdy impuls wchodzi do linii, odbija się na końcu i wraca na początek.

Do rozważenia są wtedy dwa przypadki:

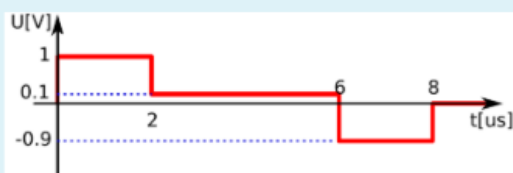
1) impuls wchodzący jest krótszy niż czas propagacji (opóźnienia) przez linię długą. Wtedy, począwszy od czasu $t=0$, obserwujemy na wejściu impuls o szerokości takiej jaką zadaliśmy; następnie impuls się odbija od końca linii i wraca na początek. Szerokość impulsu odbitego jest oczywiście taka sama jak impulsu wchodzącego (linia nie ma wpływu na szerokość impulsu), zaś początek impulsu odbitego obserwujemy po czasie dwóch opóźnień linii (impuls musiał przejść linię dwa razy - raz od wejścia do wyjścia, drugi raz po odbiciu od wyjścia do wejścia;

2) impuls wchodzący jest dłuższy niż czas propagacji. Wówczas nie zaobserwujemy na wejściu impulsu o długości takiej, jak zadaliśmy, bo zanim impuls wejściowy się skończy, jego początek (zobocze wygenerowane w $t=0$) przejdzie przez linię, odbije się, wróci na początek (dwa opóźnienia linii) i zsumuje z, wciąż trwającym, impulsem wejściowym. Dla współczynnika odbicia -1 wyzeruje to (dla linii idealnej) impuls wejściowy (zobocze opadające, kończące impuls, wystąpi wcześniej niż zadana długość impulsu), jeśli wynosi $+1$ impuls zostanie podwojony (drugie zobocze narastające).



Obserwujemy impuls dodatni o czasie trwania $2\mu s$, po $6\mu s$ impuls ujemny. Wiemy jednak że czas trwania impulsu jest większy od opóźnienia linii długiej, więc na pewno mamy sytuację 2) - nastąpiła superpozycja i impuls wejściowy został przedwcześnie wyzerowany przez impuls powracający. Stąd wiadomo że:

- odbicie nastąpiło ze znakiem -1 (mamy wyzerowanie, a nie podwojenie impulsu wejściowego)
- impuls odbity wyzerował impuls wejściowy w chwili $t=2\mu s$. Ponieważ przebył on linię długą dwa razy, oznacza to że czas opóźnienia linii jest dwa razy krótszy, czyli wynosi $1\mu s$;
- impuls ujemny zaczyna się w chwili $t=6\mu s$. Oznacza to, że w tym momencie skończył się dodatni impuls wejściowy, a odbity wyjściowy jeszcze trwa. Stąd wniosek że długość impulsu wejściowego wynosiła $6\mu s$
- koniec impulsu wejściowego potrzebował $2 * 1\mu s$ na powrót do wejścia linii po odbiciu, czyli spodziewamy się że impuls odbity ($-1 V$) skończy się w chwili $t = 6\mu s + 2 * 1\mu s = 8\mu s$, i tak jest.



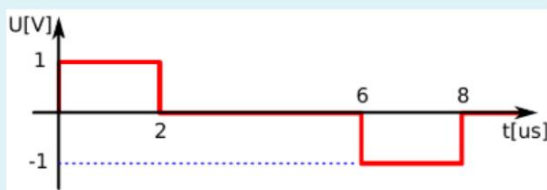
Na rysunku po lewej przedstawiono przebieg napięcia w czasie zaobserwowany na wejściu rzeczywistej linii długiej. Współczynnik odbicia na końcu linii dla tego pomiaru wynosił -1. O ile procent spadnie amplituda sygnału propagującego się z wejścia na wyjście tej linii? Wynik podaj bez miejsc po przecinku.

Odpowiedź:

Mamy tu pod względem analizy czasowej taki sam przypadek jak powyżej. Różnicą jest to, że linia nie jest idealna i wprowadza tłumienie sygnału. Gdyby linia była idealna, impuls odbity miałby amplitudę $-1 \cdot 1V = -1V$ i idealnie wyzerował by impuls wejściowy między $t=2\mu s$ a $t=6\mu s$ (jak w poprzednim przypadku). Tymczasem obserwujemy tutaj amplitudę 0.1V, co oznacza że impuls odbity wrócił z amplitudą -0.9V (1V amplitudy padającej + -0.9V impulsu odbitego = 0.1V). Oznacza to że przy dwukrotnym przejściu przez linię impuls, zamiast -1V, ma -0.9V, czyli został stłumiony o 10%. Czyli jedno przejście przez linię (z wejścia na wyjście) tłumi sygnał o 5%.

Inaczej patrząc na to zagadnienie mamy pewność, że między $6\mu s$ a $8\mu s$ obserwujemy tylko impuls odbity. Ma on amplitudę -0.9V zamiast -1V, co daje tłumienie 10% przy dwukrotnym przejściu przez linię, czyli 5% na przejście z wejścia na wyjście.

Na rysunku poniżej przedstawiono przebieg napięcia na wejściu pewnej bezstratnej linii długiej, na której wejście podano impuls napięcia o amplitudzie 1V. Można stwierdzić że:



Wybierz jedną lub więcej:

- ☐ Linia jest zwarta na końcu
- ☐ Czas opóźnienia tej linii jest równy $3\mu s$, jeśli założymy że impuls wejściowy ma szerokość $2\mu s$
- ☐ Linia jest rozwarta na końcu
- ☐ Linia jest niedopasowana na wejściu
- ☐ Współczynnik odbicia na końcu linii jest równy -1

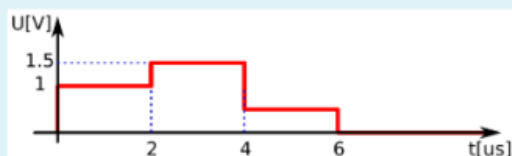
Tutaj możemy mieć dwa przypadki 1) lub 2):

1) albo mamy krótki impuls wejściowy o długości $2\mu s$ - mniejszej od opóźnienia linii i wówczas impuls wejściowy się kończy w chwili $2\mu s$, a w chwili $6\mu s$ powraca jako odbity (też o długości $2\mu s$!). Wówczas czas opóźnienia linii wynosi $3\mu s$ (impuls odbity przechodzi przez linię dwa razy, czyli powraca w chwili $2 \cdot 3\mu s = 6\mu s$);

Możliwość 2) to impuls ma długość $6\mu s$ (jak w pierwszym pytaniu), linia opóźnia go o $1\mu s$, czyli impuls odbity powraca po $2\mu s$ (dwa przejścia) i odejmuje się od, wciąż trwającego, impulsu wejściowego.

Odpowiedzi:

- impuls odbity, niezależnie od przypadku, na pewno został odbity w przeciwfazie (współczynnik odbicia na końcu wynosi -1 , bo impuls odbity ma amplitudę $-1V$, wejściowy $+1V$), więc linia na pewno jest zwarta na końcu (prawda)
- jeśli impuls ma $2\mu s$, to mamy przypadek 1) - widzimy na początku cały impuls o szerokości $2\mu s$ i impuls odbity o szerokości $2\mu s$, więc nie ma superpozycji - impuls wejściowy jest krótszy niż opóźnienie linii. Wtedy czas opóźnienia linii wynosi $3\mu s$ (prawda)
- linia jest zwarta (patrz pytanie 1) więc nie jest rozwartą (fałsz)
- nie ma efektu pojemnościowego (impuls odbity nie odbija się z powrotem od wejścia), więc linia musi być dopasowana na wejściu (fałsz)
- impuls odbity jest w przeciwfazie, czyli współczynnik odbicia na końcu wynosi -1 (prawda)



Na rysunku po lewej przedstawiono przebieg napięcia w czasie zaobserwowany na wejściu linii długiej. Ile wynosi współczynnik odbicia na końcu tej linii? Wynik podaj z dokładnością do jednego miejsca po przecinku.

Odpowiedź:

Widzimy tutaj zwiększenie amplitudy impulsu, więc na pewno mamy przypadek 2) - impuls wejściowy jest dłuższy od opóźnienia linii i sumuje się z impulsem odbitym (dla ćwiczenia proszę uzasadnić że impuls wejściowy ma długość $4\mu s$ a opóźnienie linii wynosi $1\mu s$). Amplituda powracającego impulsu odbitego wynosi $1.5V - 1V$ (amplituda impulsu wchodzącego) = $0.5V$. Ponieważ nie napisano w pytaniu że linia jest rzeczywista (stratna), zakładamy że nie wprowadza tłumienia. Tak więc aby impuls odbity miał amplitudę $0.5V$, współczynnik odbicia musi wynosić 0.5 ($0.5 * 1V$ amplitudy padającej = $0.5V$ amplitudy impulsu odbitego)