

Bezpieczeństwo systemów mechatronicznych i informatycznych

Wykład 2

Jarosław Szkoła

Wybrane komponenty elektroniczne

- **Co to jest kondensator?**

- podstawowym zadaniem kondensatora jest magazynowanie energii elektrycznej w polu elektrycznym.
- struktura kondensatora jest zawsze taka sama:
 - **elektrody** – dwie płytki przewodzące, które magazynują energię;
 - **dielektryk** – określa pojemność i wytrzymałość dielektryczną kondensatora;
 - **wyprowadzenia** – metalowe przewody lub piny, które łączą kondensator z obwodem.

Wybrane komponenty elektroniczne

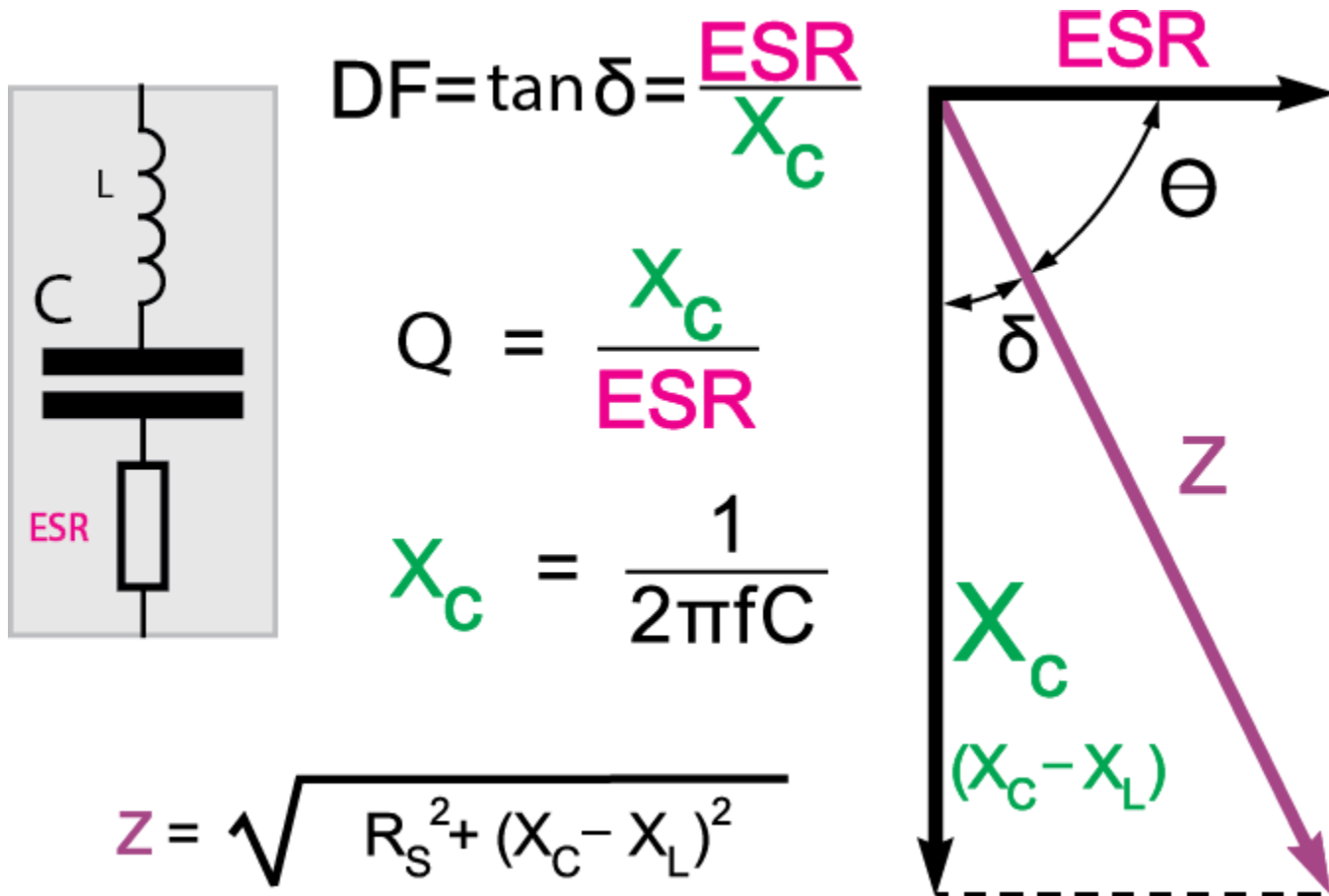
- **Rodzaje kondensatorów**
 - **Kondensatory ceramiczne**
 - **Kondensatory elektrolityczne**
 - **Kondensatory foliowe**
 - **Kondensatory mikowe**
 - **Trymery**
 - **Superkondensatory**

Wybrane komponenty elektroniczne

- **Parametry charakterystyczne kondensatorów**
 - **Pojemność**
 - **Napięcie pracy**
 - **Temperatura pracy**
 - **Częstotliwość pracy**
 - **Dobroć kondensatora**
 - **ESR** (*Equivalent series resistance - rezystancja szeregową*)
 - **DF** (*Dissipation Factor – współczynnik strat*)
 - **Tangens Delta = DF**

Wybrane komponenty elektroniczne

- Parametry charakterystyczne kondensatorów



Wybrane komponenty elektroniczne

- **Zastosowanie kondensatorów**
 - **Magazynowanie energii** – kondensatory są doskonałym sposobem na magazynowanie energii i często wykorzystywane są jako tymczasowe baterie. Dzięki ciągłemu dostarczaniu prądu świetnie sprawdzają się w przypadku utraty zasilania, zapobiegając wyłączeniu urządzeń takich jak laptopy czy telefony komórkowe i nie dopuszczając do utraty cennych danych.
 - **Sprzęganie** – kondensatory blokują sygnały DC i dopuszczają sygnały AC, dzięki czemu mogą być używane do łączenia jednej sekcji obwodu z inną. Często stosuje się je w głośnikach.

Wybrane komponenty elektroniczne

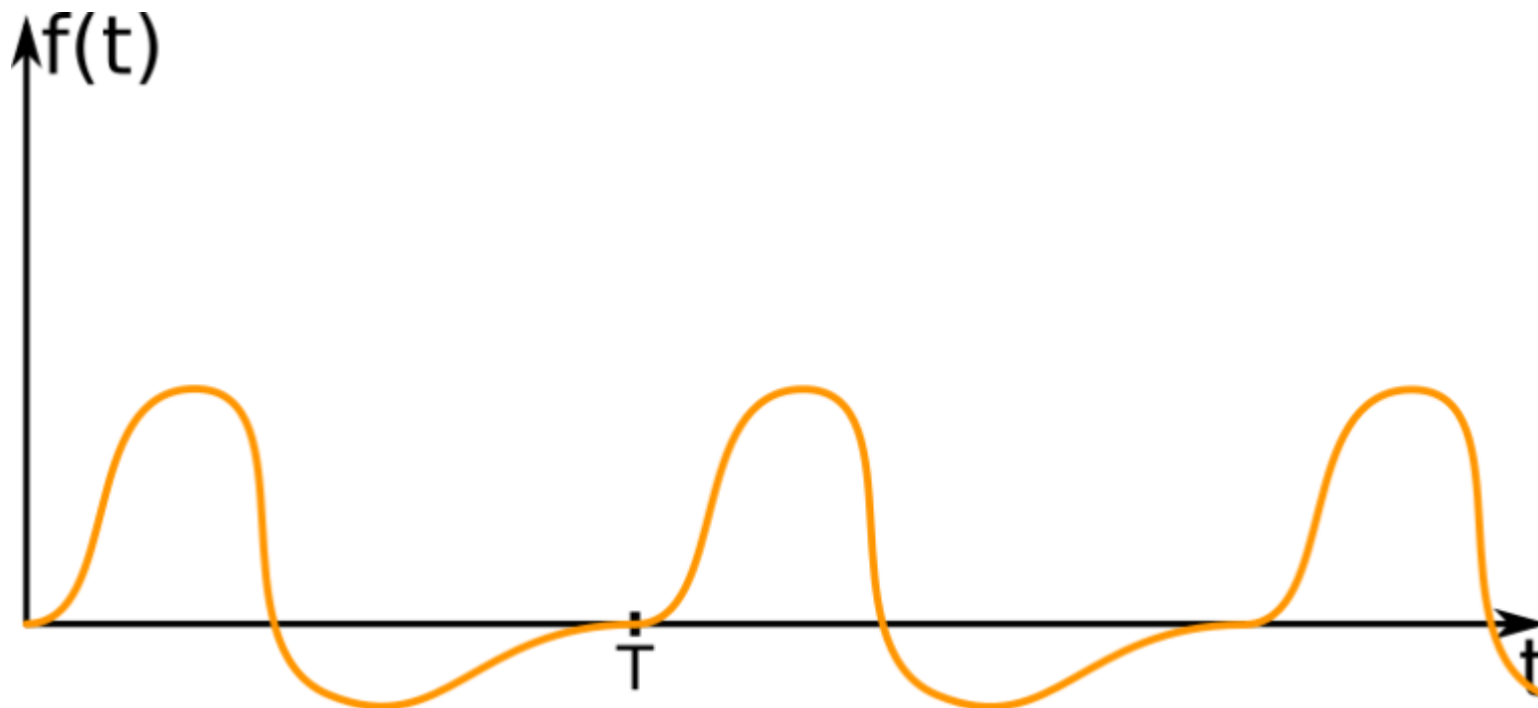
- **Zastosowanie kondensatorów w praktyce**
 - **Rozprężanie** – kondensatory mogą blokować niepożądane szумы i skoki napięcia, stabilizując napięcie zasilające układy scalone.
 - **Czujniki** - kondensatory reagują na zmiany czynników zewnętrznych, przez co mogą być również wykorzystywane do zastosowań czujnikowych, w których mierzą każdą zmianę pojemności
 - **Silniki rozruchowe** – kondensatory mogą dostarczać początkowy impuls potrzebny do rozruchu silników elektrycznych i poprawiać ich wydajność podczas pracy.
 - **Korekcja współczynnika mocy** – kondensatory pozwalają poprawić wydajność energetyczną w urządzeniach do korekcji współczynnika mocy.
 - **Taktowanie i oscylacja** – kondensatory stosowane są do kontrolowania częstotliwości sygnałów w obwodach taktujących i oscylatorach.

Wybrane komponenty elektroniczne

- **Zastosowanie kondensatorów – dobre praktyki**
 - Nie należy przekraczać maksymalnych parametrów pracy kondensatorów (temperatura, częstotliwość pracy),
 - W każdym przypadku należy unikać źródeł ciepła, które mogą znaleźć się w pobliżu kondensatorów,
 - Do pracy z układami impulsowymi (przetwornice, zasilacze), należy stosować dedykowane kondensatory, np. polipropylenowe np. MKP10
 - Należy unikać sytuacji odwracania polaryzacji kondensatorów elektrolitycznych z uwagi na możliwość wybuchu

Wartość skuteczna i średnia

- **Wartość średnia przebiegu**



Przykładowy przebieg okresowy (funkcja okresowa).

Wartość skuteczna i średnia

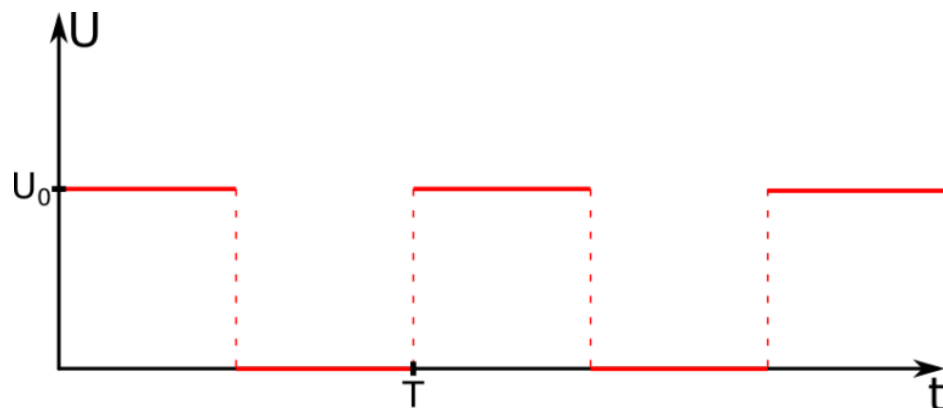
- **Wartość średnia przebiegu**
 - Wartość wokół, której oscyluje **przebieg okresowy**, nazywana jest **wartością średnią**.

$$f_{sr} = \frac{1}{T} \int_{t_0}^{t_0+T} f(t) dt$$

Wzór na wartość średnią
przebiegu okresowego.

Wartość skuteczna i średnia

- **Wartość średnia przebiegu – przykład 1**



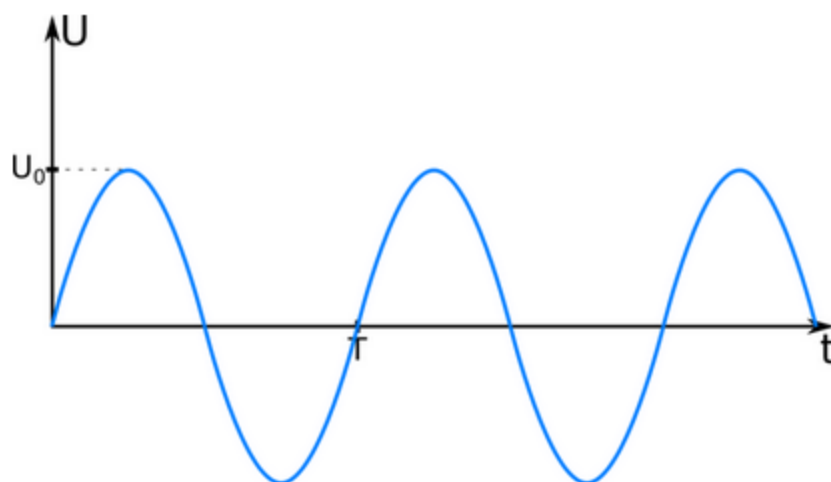
W przypadku **przebiegu prostokątnego**, widocznego na powyższym wykresie, pole powierzchni pod wykresem przebiegu wynosi:

$$S = \int_0^T f(t) dt = \frac{1}{2} U_0 T$$

$$U_{sr} = \frac{1}{2} U_0$$

Wartość skuteczna i średnia

- **Wartość średnia przebiegu – przykład 2**



Przebieg sinusoidalny.

$$S = \int_0^T f(t) dt = 0 \qquad U_{sr} = 0$$

Wartość skuteczna i średnia

- **Wartość skuteczna (RMS – Root Mean Square)**
 - **Wartość skuteczna natężenia (napięcia) prądu przemiennego** jest taką wartością natężenia (napięcia) prądu stałego, która w czasie jednego okresu **dostarczy do odbiornika taką samą energię** co prąd zmienny.

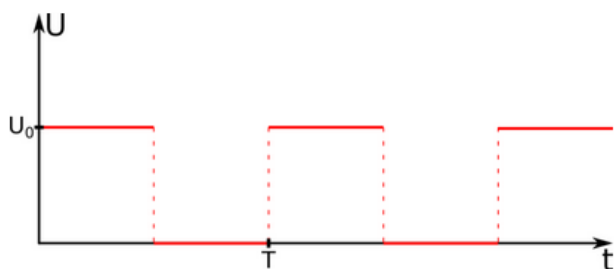
$$f_{sk} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_{t_0}^{t_0+T} f^2(t) dt}$$

Wzór na wartość skuteczną
przebiegu okresowego.

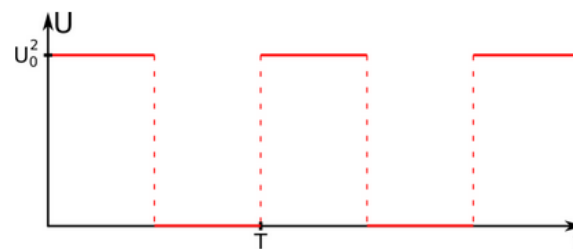
Podobnie jak wartość średnia, wartość skuteczną wyraża się przez **całkę**. Tym razem jednak całkujemy nie samo napięcie, lecz **jego kwadrat**, co powoduje, że wartość skuteczna, w przeciwieństwie do wartości średniej **nie może być ujemna**.

Wartość skuteczna i średnia

- Wartość skuteczna przebiegu – przykład 1



Przebieg prostokątny.



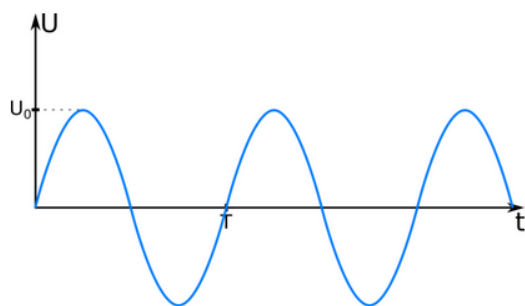
Kwadrat przebiegu prostokątnego.

$$\frac{1}{T} \int_0^T U^2(t) dt = \frac{1}{T} \int_0^{\frac{T}{2}} U_0^2 dt = \frac{1}{2} U_0^2$$

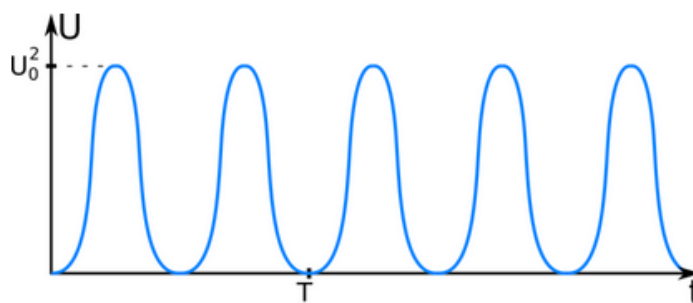
$$U_{sk} = \sqrt{\frac{U_0^2}{2}} = \frac{U_0}{\sqrt{2}}$$

Wartość skuteczna i średnia

- **Wartość skuteczna przebiegu – przykład 2**



Przebieg sinusoidalny.



Kwadrat przebiegu sinusoidalnego.

$$\begin{aligned}\frac{1}{T} \int_0^T U^2(t) dt &= \frac{1}{T} \int_0^T U_0^2 \sin^2 \left(\frac{2\pi}{T} t \right) dt = \\ &= \frac{U_0^2}{T} \frac{T}{2} = \frac{U_0^2}{2}\end{aligned}$$

$$U_{sk} = \sqrt{\frac{U_0^2}{2}} = \frac{U_0}{\sqrt{2}}$$

Napięcie skuteczne sieci energetycznej (jednej fazy) w Polsce wynosi **230 V**. Z wyprowadzonej zależności możemy wyliczyć, że amplitudą takiego przebiegu jest o pierwiastek z dwóch razy większa i wynosi aż $U_0 = \sqrt{2} \cdot 230 \text{ V} \approx \mathbf{325 \text{ V}}$!

Mało znane błędy w projektowaniu układów elektronicznych

- **Pękanie zgięciowe**

- najczęściej następuje w wyniku nadmiernego wygięcia płytki drukowanej pod kondensatorem ceramicznym. Kruchy kondensator w odpowiedzi na naprężenie może pęknąć, nawet w sposób niewidoczny. Zjawisko to może nastąpić podczas testowania płytek, wskutek instalowania złączy i kart w slotach oraz w wyniku przypadkowego upadku lub uderzenia.

Mało znane błędy w projektowaniu układów elektronicznych

- **Pękanie zgięciowe**

- zjawisko częściej występuje w przypadku układów BGA niż kondensatorów ceramicznych, gdyż coraz więcej firm stosuje bardziej sztywne i kruche spoiwo SAC305 w postaci stopu cynowo-srebrowo-miedziowego. Problem dotyczy również rezystorów, diod, tranzystorów i innych elementów.

Mało znane błędy w projektowaniu układów elektronicznych

- **Zużycie złączy oraz własnych połączeń lutowanych**
 - W niektórych aplikacjach zewnętrzne źródła ciepła mogą być na tyle gorące lub znajdować się na tyle blisko układu, że wywołają znaczący miejscowy wzrost temperatury niektórych komponentów. Pominięcie tych źródeł podczas modelowania i testowania może doprowadzić do zużycia **połączeń lutowanych** już po kilku miesiącach pracy.

Mało znane błędy w projektowaniu układów elektronicznych

- **Zużycie złączy oraz własnych połączeń lutowanych**
 - Miejscem ulegającym częstym uszkodzeniom są własne **połączenia lutowane**.
 - Projektanci często je stosują do mechanicznego lub termicznego łączenia komponentów lub płytek PCB z obudową lub elementami wspomagającymi.
 - Tanim rozwiązaniem tego problemu, jest utrzymanie temperatury **połączeń lutowanych** poniżej 80 stopni, szczególnie w sytuacji, gdy temperatura komponentów zmienia się w czasie.

Mało znane błędy w projektowaniu układów elektronicznych

- **Nadmierny pobór mocy**

- jeśli projektant podczas modelowania niezawodności poświęca zbyt mało uwagi komponentom o wyższym zużyciu mocy lub nie uwzględnia ich w fazie testowania, wydzielone ciepło może przyspieszyć zużycie złącza poprzez wzrost temperatury.
- Szczególnie wrażliwe na taką sytuację są rezystory. Na przykład zastąpienie rezystora 0,25W rezystorem 0,125W może przyczynić się do takiego wzrostu temperatury, który przyśpieszy zużycie **połączeń lutowanych**.

Mało znane błędy w projektowaniu układów elektronicznych

- **Kondensatory elektrolityczne**

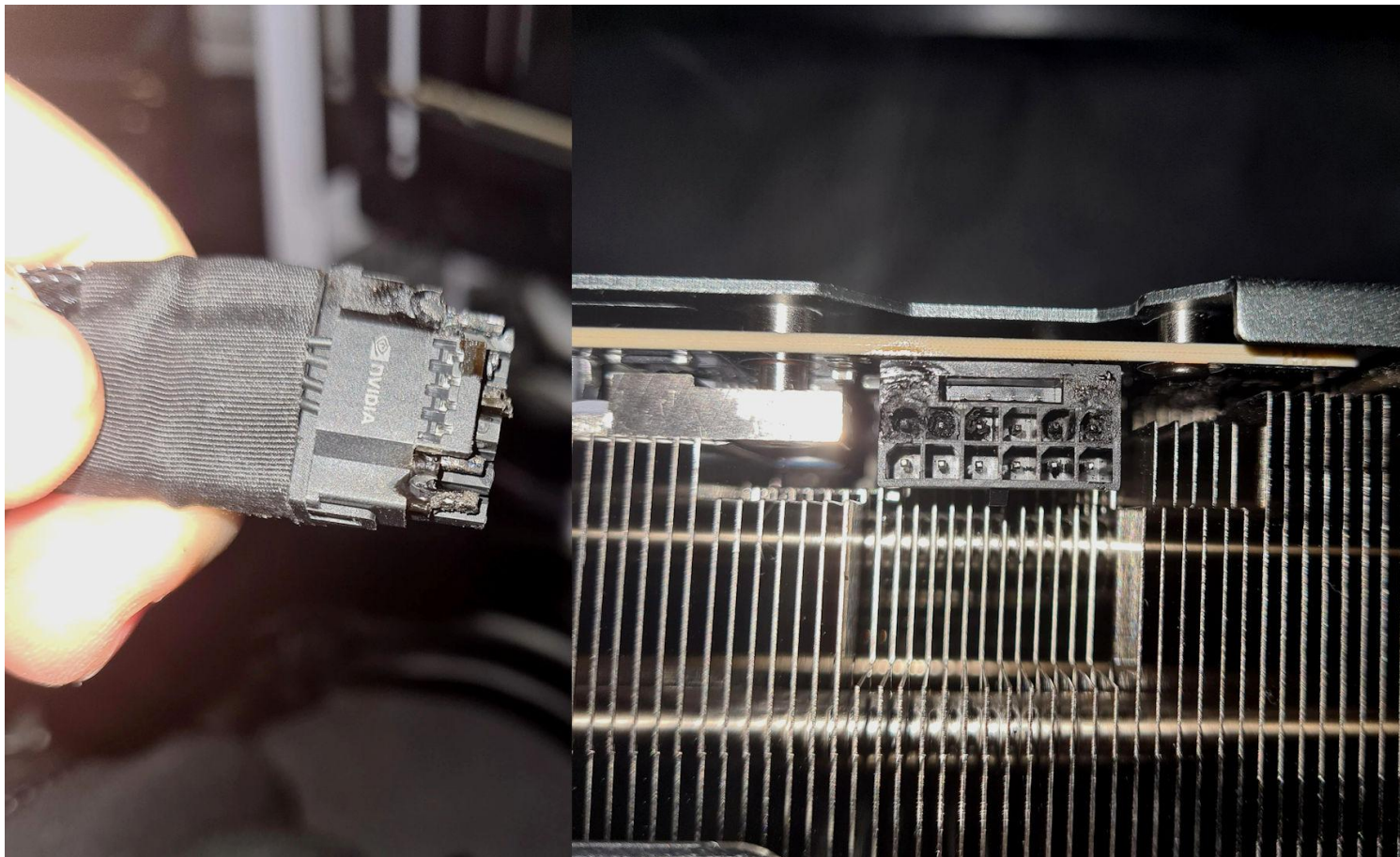
- Projektanci cenią sobie **kondensatory elektrolityczne** za ich wysokie pojemności. Niestety, ich wadą jest krótki czas bezawaryjnej pracy
- Zdarza się, że projektanci podają nawet od 150 do 200% wyższe napięcia niż znamionowe, co ma znaczny wpływ na żywotność kondensatora. Dobrą wskazówką jest zmniejszenie napięcia do maksymalnie 80% wartości znamionowej.

Mało znane błędy w projektowaniu układów elektronicznych

- **Kondensatory elektrolityczne**
 - Należy również unikać sąsiadujących rezystorów albo MOSFET-ów powodujących podniesienie temperatury
 - miejscowy wzrost temperatury powoduje uszkodzenia szybciej niż wynika to z predykcyjnych modeli niezawodnościowych stosowanych w przemyśle, dlatego należy utrzymywać gorące komponenty z dala od **kondensatorów elektrolitycznych**.
 - Dość osobliwym parametrem elektrycznym jest prąd pulsacji **kondensatora elektrolitycznego**, dlatego może się zdarzyć, że zostanie zapomniany lub zignorowany przy kalkulacji kosztów materiałowych.

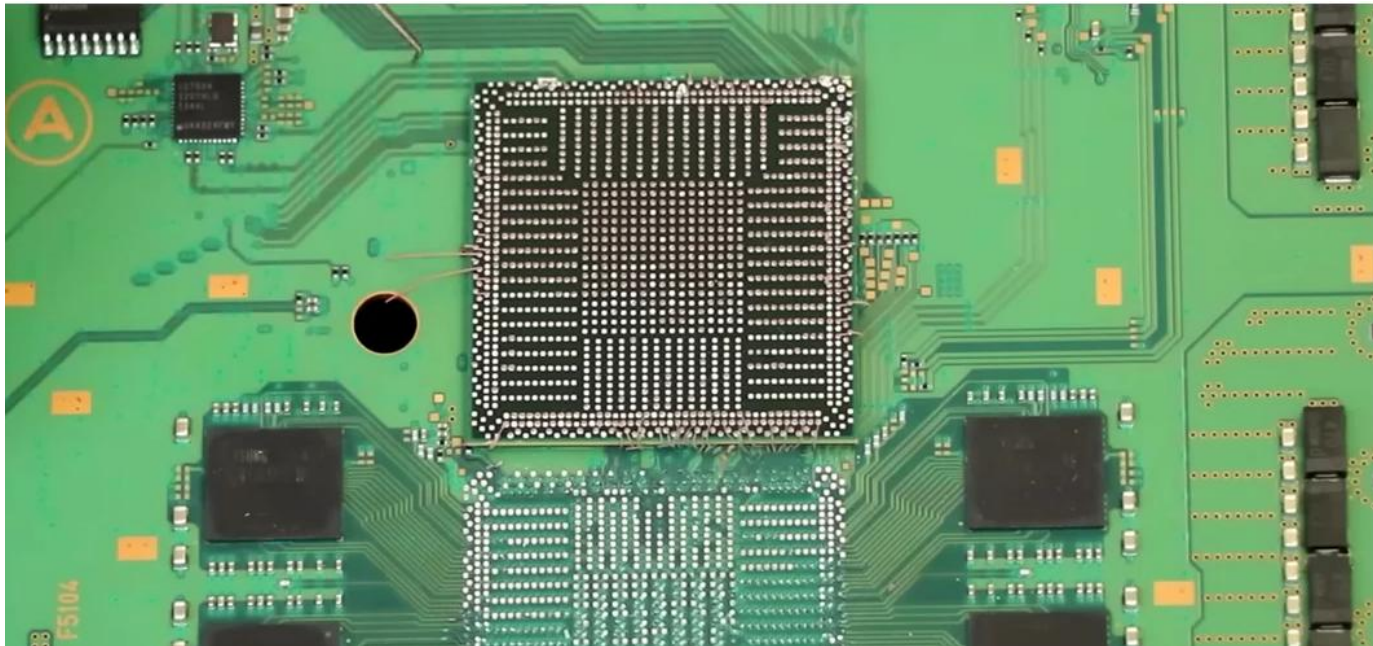
Przykłady błędów projektowych w praktycznych realizacjach

- Nvidia RTX 4090 power connector overload



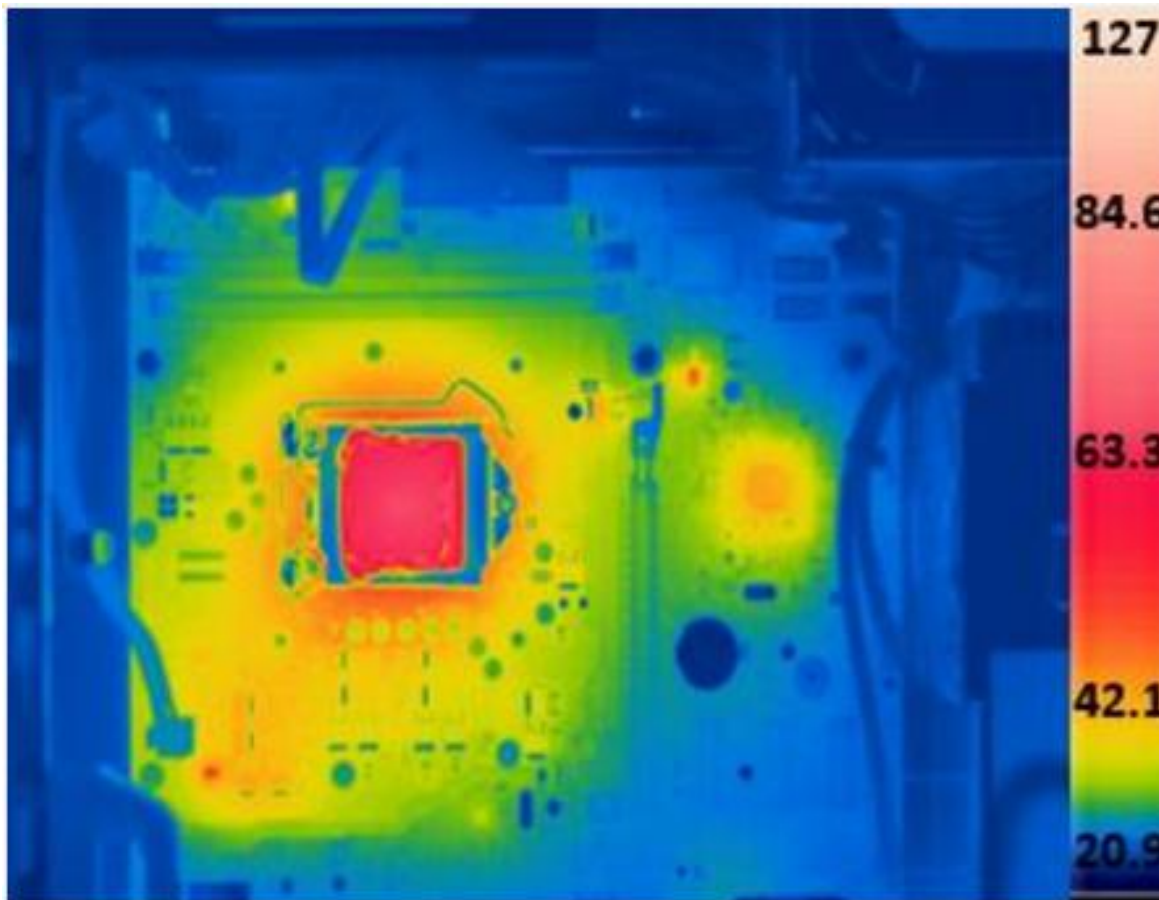
Przykłady błędów projektowych w praktycznych realizacjach

- PS4 Blue Light of Death



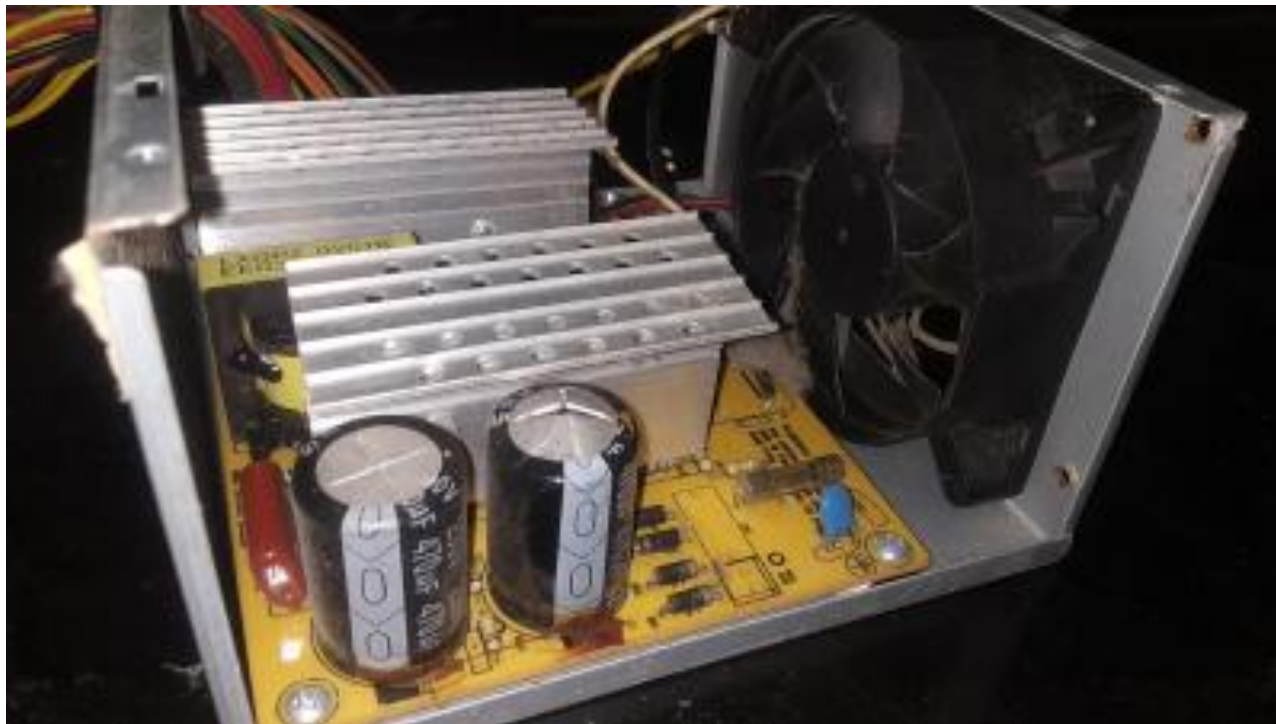
Przykłady błędów projektowych w praktycznych realizacjach

- Intel 13th, 14th gen hotspots



Przykłady błędów projektowych w praktycznych realizacjach

- Power supply capacitor damage



Przykłady błędów projektowych w praktycznych realizacjach

- Capacitor connected in reverse to a direct current (DC) supply



Dziękuję za uwagę