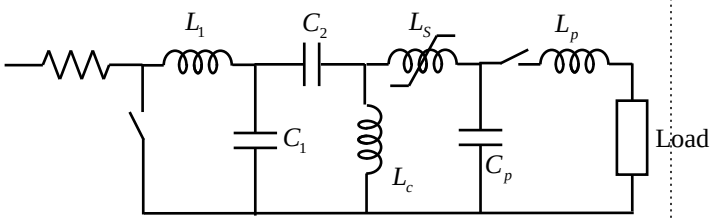
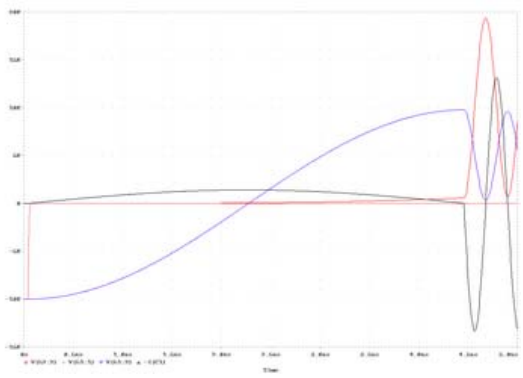
倍電圧＋MPC 回路





・コンデンサ C_1 の電圧，電流は反転する

3.5 マルクス回路

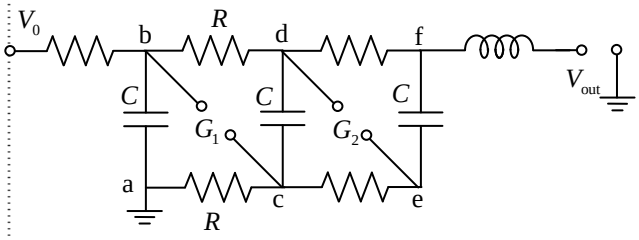
高電圧パルス発生は，100 kV 程度に制限される。これは，スイッチの最大動作電圧や，充電用直流電源および絶縁距離等の制約による。
1923 年 Erwin Marx が発明した方法は，並列充電→直列放電であり，パルス高電圧出力を得られるが出力抵抗は増加するという特長がある。

(a) ギャップ機械駆動方式

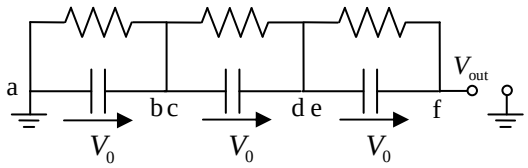
G_1 ～ G_3 のギャップスイッチのギャップ長を（電動で）機械的に短くしてギャップを短絡する。
各コンデンサ C は充電抵抗を介して V_0 に充電されている。スイッチ G_1 が閉じると c の電位はその瞬間 V_0 になる。d の電位は $2V_0$。同様に e の電位も d に対して V_0 上がる。結局出力電圧は $3V_0$ になる。なお波形調整用に L を入れる場合もある。

(b) トリガトロン方式

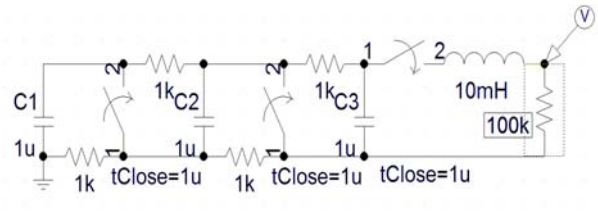
G_1 のみ電気パルスにより閉じるギャップスイッチで，他は過電圧で導通する自爆型ギャップスイッチの場合。ギャップ間隔は充電電圧では導通しない長さにし，G_1 が導通すると c はその瞬間 V_0 上がる。すると d は $2V_0$ になるが，e は対地浮遊容量や充電抵抗の影響で接地電位に近い状態になる。このため G_2 が導通して f は $3V_0$ になる。



マルクス回路：充電時



ギャップ導通時



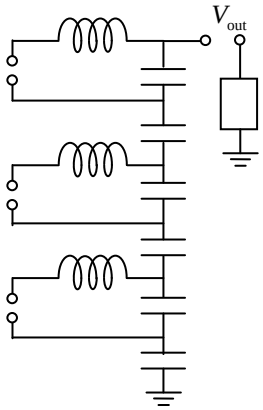
数値計算（PSpice）回路例

＊上記は(a)で示した時間制御の on スイッチ例。ギャップスイッチの動作模擬とはなっていない。

LC 反転回路

マルクス回路と同様にキャパシタは1つの電源から並列に充電するが，充電の方向が違っている。また 1 つおきにキャパシタにインダクタンスとスイッチがついている。スイッチを同時に動作させると，キャパシタの電圧は LC 振動して，やがて反転する。この状態では各キャパシタの和の電圧が出力されるので，出力が最大になる時刻で負荷が放電するなどとすれば，高電圧を得ることができる。

スタックライン：ケーブルを積み重ねて出力電圧を増やす方式で，LC 反転回路の PFL 版である。



3.6 非線形容量線路

キャパシタの容量が電圧増加とともに減少する非線形容量のはしご形回路

キャパシタは $C = \dfrac{dQ}{dV}$ と表される。

線路を伝搬する電圧波の速度は式だから，

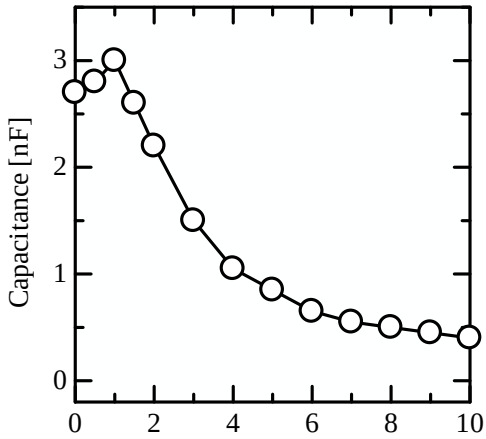
$$v_p = \sqrt{1/LC(V)}$$

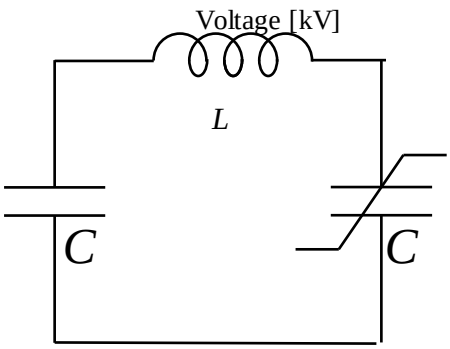
パルス波形のうち，電圧の高い部分ほどキャパシタが小さくなり，高速に進む。

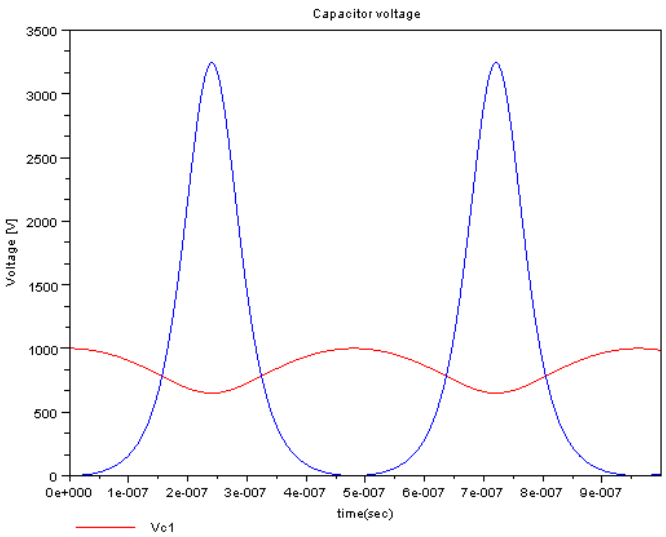
$$Z_0(V) = \sqrt{L/C(V)}$$

MPCと違いパルス圧縮はせずに，パルスの立ち上がり部分が速くなる。

なおCLC回路の一方を非線形キャパシタにすると以下の左右に示す電圧電流波形となる。

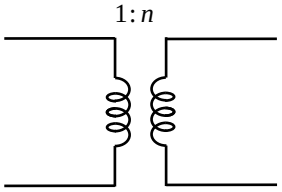






Scilab での解法は説明資料参照

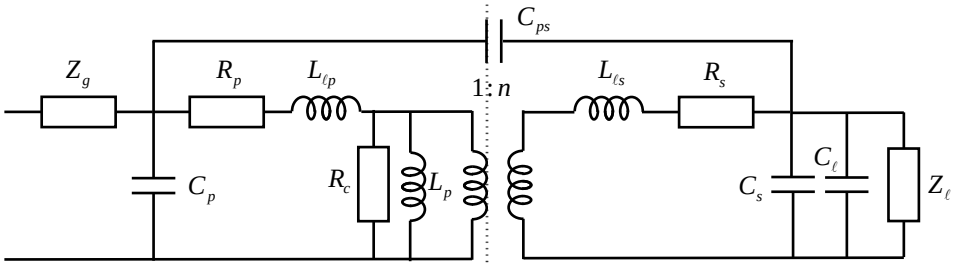
3.7 パルストランス



矩形パルス入力, 応答

- 立ち上がり時間
- オーバーシュート
- ドループ
- 立ち下がり時間
- バックスイング（アンダーシュート）

パルストランスの等価回路



Z_g 信号源インピーダンス

R_p 1 次側巻線抵抗

R_s 2 次側巻線抵抗

R_c コア損失

L_p 磁化インダクタンス

L_{lp} 1 次漏れリアクタンス

L_{ls} 2 次漏れリアクタンス

C_{ps} 1 次 2 次巻線間キャパシタンス

C_p 1 次巻線間キャパシタンス

C_s 2 次巻線間キャパシタンス

C_l 浮遊容量

Z_l 負荷インピーダンス