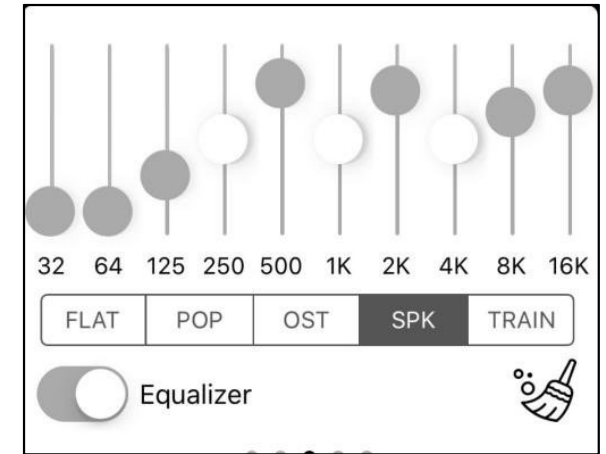


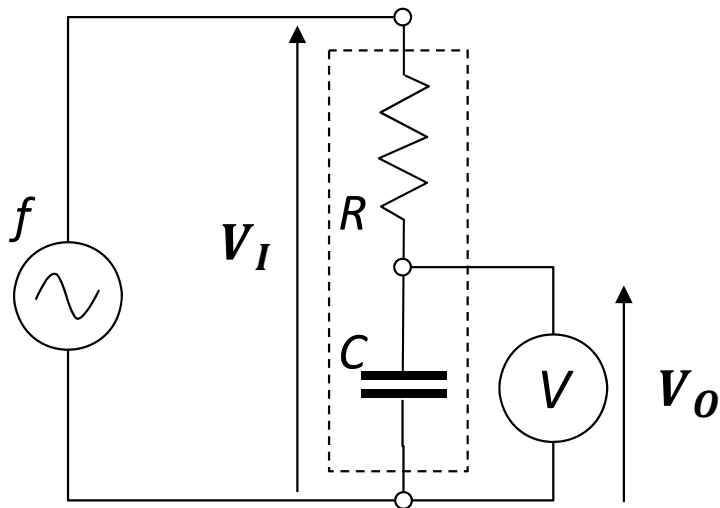
11. 実用回路CASE STUDY (2)

実用回路 (4) Equalizer/Filter

- 特定の周波数をカット/ブーストする機能
- iPhone/Androidアプリはデジタル処理
 - 計算でデジタルデータを書き換える
 - ユーザーが好みの音色に作り込む (イコライジング)
- 高級オーディオ等はアナログ回路で作る
 - ユーザが好みの音場に調節する (トーンコントロール)
 - 大小各々のスピーカー(ウーハ, ツイータ)に適切な音域を割り当てる (Low-pass filter, High-pass filter)
 - プロ用オーディオ機器にはイコライジング目的のアナログ機器もたくさんある。

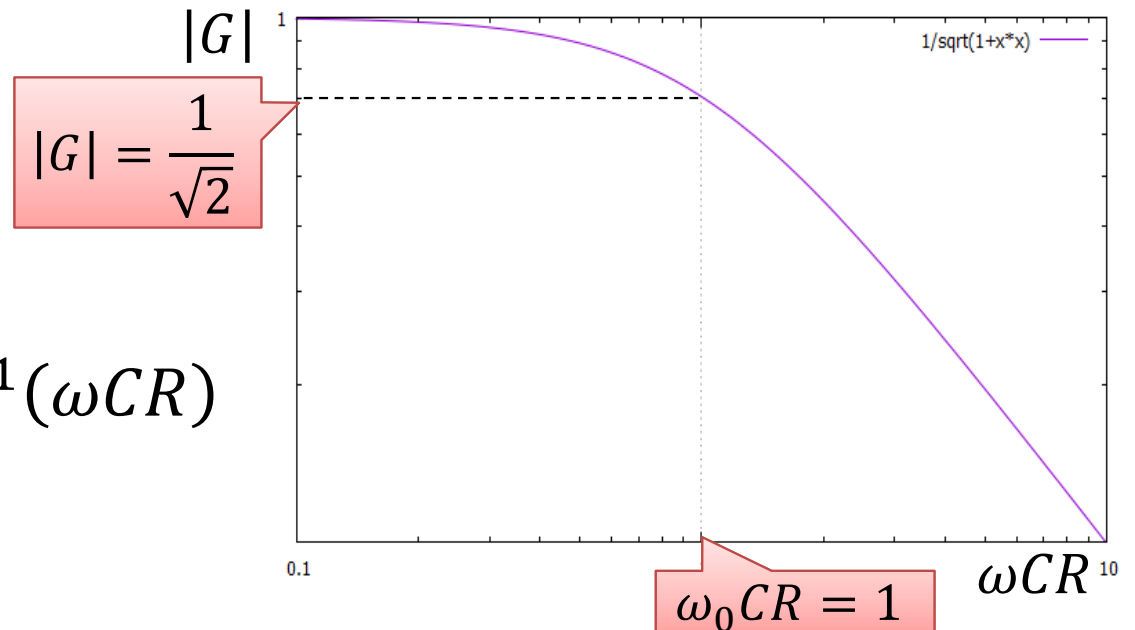


Low-pass filter



- RとCの直列接続
- V_I は、様々な f の正弦波交流を仮定
- 入出力比 $G = \frac{V_O}{V_I}$ は、 f が増えると減少、つまり、高周波ほど出力が下がる。
 - G は利得(gain)の頭文字。
- Low-pass filterと呼ぶのは、低周波ほど出力が減らないから。

$$\begin{aligned}
 \bullet \quad V_O &= \frac{\frac{1}{j\omega C}}{R + \frac{1}{j\omega C}} V_I \\
 \bullet \quad \therefore G &= \frac{V_O}{V_I} = \frac{1}{j\omega CR + 1} \\
 &= \frac{1}{\sqrt{\omega^2 C^2 R^2 + 1}} \angle -\tan^{-1}(\omega CR) \\
 &\equiv |G| \angle \theta
 \end{aligned}$$



Low-pass filter: つづき

1. ωCR の意味

$$\omega CR = \omega \tau = 2\pi f \tau = 2\pi \frac{f}{\frac{1}{\tau}}$$

- ωCR は、 f を $\frac{1}{\tau}$ で規格化し、角周波数に変換したものと等しい。
つまり、時定数周波数とでも呼ぶべき値で規格化した角周波数。

2. $\omega CR = 1$ となる周波数 f_0 , 角周波数 ω_0

$$\omega_0 CR = 2\pi f_0 CR = 1, \quad \therefore \omega_0 = \frac{1}{CR}, \quad f_0 = \frac{1}{2\pi CR}$$

- f_0 は、遮断(cut-off)周波数と呼ばれる。
- $f = f_0$ のとき、 $|G| = \frac{1}{\sqrt{2}} \doteq 0.7$, $\theta = -\tan^{-1}(1) = -45^\circ$
ここが、フィルタの遮断と透過の境界。

実用回路(5) スイッチドキャパシタ

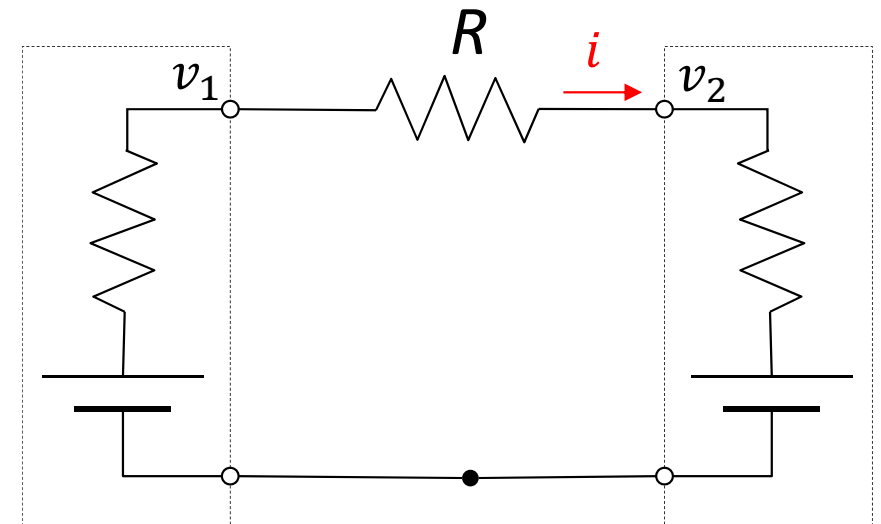
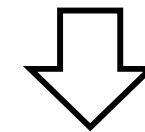
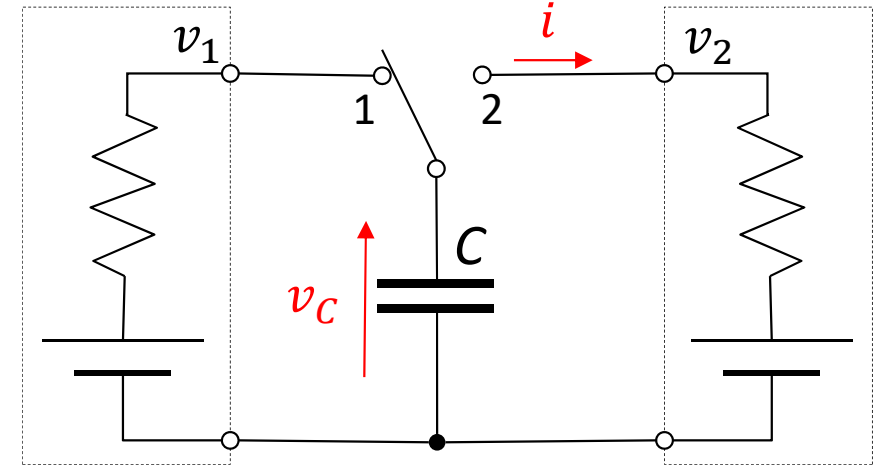
- コンデンサとMOSスイッチで抵抗を代用する回路。
- 右図で、スイッチの1側, 2側にそれぞれ任意の回路が接続され、 $v_1 > v_2$ と仮定。
 - 1側では、ほぼ一瞬で充電され $v_C = v_1$
 - 2側では、ほぼ一瞬で放電され $v_C = v_2$
 - 放電された電荷は $q = C(v_1 - v_2)$
- 1側, 2側それぞれ $T/2$ 経過後に切り替えて、周期 T , $f = 1/T$ とする。1周期の平均電流は

$$i = \frac{q}{T} = \frac{C(v_1 - v_2)}{T} \dots \textcircled{1}$$

- 等価回路(下図)の見なし抵抗を R とすると

$$i = \frac{v_1 - v_2}{R} \dots \textcircled{2}$$

- ①②より、 $R = \frac{T}{C} = \frac{1}{Cf}$
- 利点
 - T を制御すると、 R を好きなだけ変えられる！
 - 物理的な抵抗を10,000倍するのは難しいが、周波数ならできる(10Hz→100kHz)！



スイッチドキャパシタの主な用途

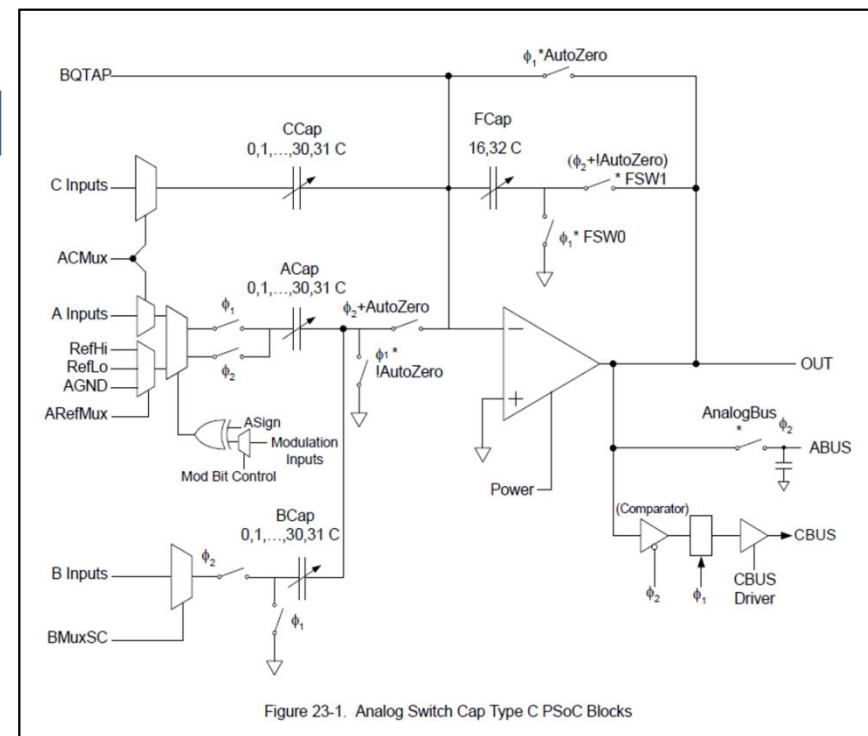
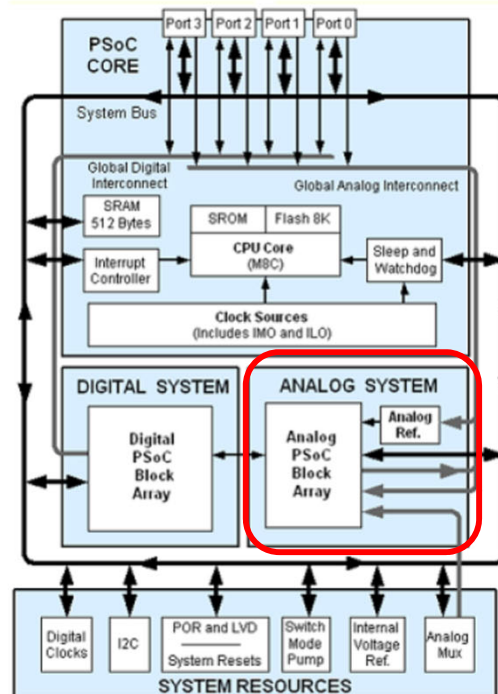
- ビジネス上の利点
 - 性能のバラツキが小さい。
∵ ICとしてコンデンサを作ると比精度はとて高くなるから。
 - ソフトウェア制御ができる。
Tを変えるだけで、回路の特性が動的・劇的に変わる！
- 主な用途
 - イコライザ
 - DA変換器
 - AD変換器
 - 電源回路＝電圧変換、負電圧生成

Features

- Powerful Harvard-architecture processor
 - M8C processor speeds up to 24 MHz
 - Low power at high speed
 - Operating voltage: 2.4 V to 5.25 V
 - Operating voltages down to 1.0 V using on-chip switch mode pump (SMP)
 - Industrial temperature range: -40 °C to +85 °C
- Advanced peripherals (PSoC® blocks)
 - Four analog Type E PSoC blocks provide:
 - Two comparators with digital-to-analog converter (DAC) references
 - Single or dual 10-bit 28 channel analog-to-digital converters (ADC)
 - Four digital PSoC blocks provide:
 - 8- to 32-bit timers, counters, and pulse width modulators (PWMs)
 - Cyclical redundancy check (CRC) and pseudo random sequence (PRS) modules
 - Full-duplex universal asynchronous receiver transmitter (UART), serial peripheral interface (SPI) master or slave
 - Connectable to all general purpose I/O (GPIO) pins
 - Complex peripherals by combining blocks
- Flexible on-chip memory
 - 8 KB flash program storage 50,000 erase/write cycles
 - 512 bytes static random access memory (SRAM) data storage
 - In-system serial programming (ISSP)
 - Partial flash updates
 - Flexible protection modes
 - EEPROM emulation in flash
- Complete development tools
 - Free development software (PSoC Designer™)
 - Full-featured, in-circuit emulator (ICE) and programmer
 - Full-speed emulation
 - Complex breakpoint structure
 - 128-KB trace memory
- Precision, programmable clocking
 - Internal ±2.5% 24- / 48-MHz main oscillator [1]
 - Internal oscillator for watchdog and sleep
- Programmable pin configurations
 - 25-mA sink, 10-mA source on all GPIOs
 - Pull-up, pull-down, high Z, strong, or open-drain drive modes on all GPIOs

- Up to eight analog inputs on GPIOs
- Configurable interrupt on all GPIOs
- Versatile analog mux
 - Common internal analog bus
 - Simultaneous connection of I/O combinations
 - Capacitive sensing application capability
- Additional system resources
 - I²C [2] master, slave, and multi-master to 400 kHz
 - Watchdog and sleep timers
 - User-configurable low-voltage detection (LVD)
 - Integrated supervisory circuit
 - On-chip precision voltage reference

Logic Block Diagram

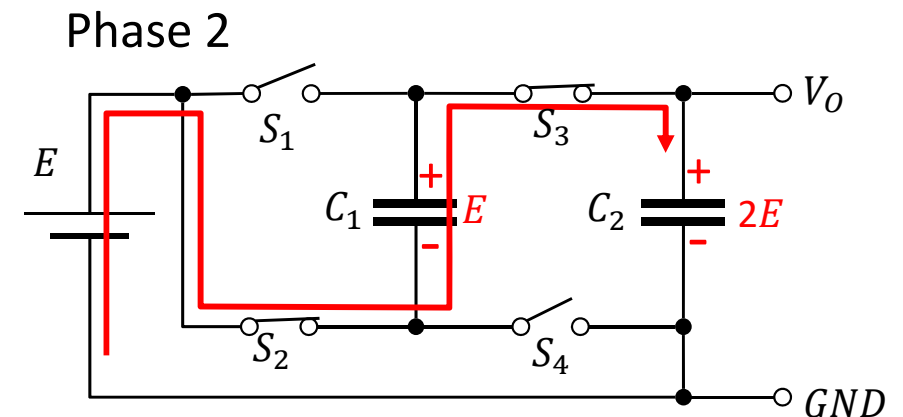
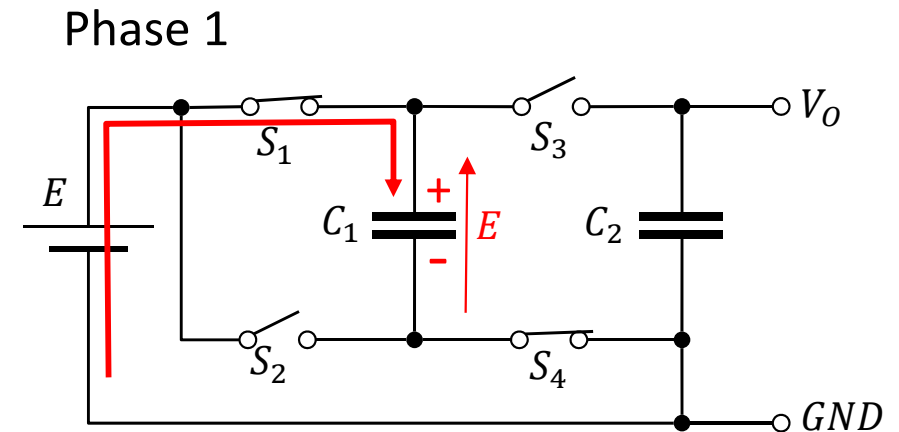


Cypress社のワンチップマイコン

- イコライザに使えるアナログ回路が集積
- 抵抗の代わりにスイッチドキャパシタを使用
- 切り替え周期をソフトウェアで設定することで、フィルタの機能をカスタマイズできる！

実用回路(6) チャージポンプ

- コンデンサとMOSスイッチで、電源電圧とは異なる電圧を作り出す回路
- Phase 1
 - S_1 と S_4 をON
 - C_1 を E で充電、 $V_{C_1} = E$
 - V_O には C_2 の電圧が出力されている
- Phase 2
 - S_2 と S_3 をON
 - C_2 を E と C_1 の直列接続で充電、 $V_{C_2} = 2E$
- Phase 1, 2を素早く繰り返すことで、 V_O には電源電圧の2倍、 $2E$ が常に発生。
- 利点
 - 省スペース、IC内部にも造れる
 - 電力消費がないので高効率
 - 段数を増やせば高電圧が容易に得られる
- 欠点
 - 大電流は苦手
 - スイッチングノイズ大



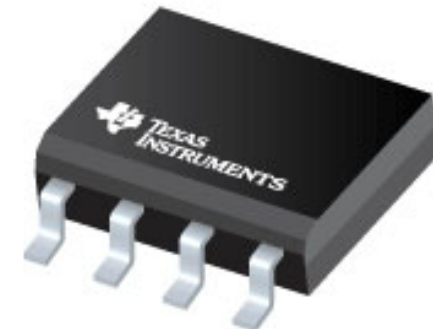
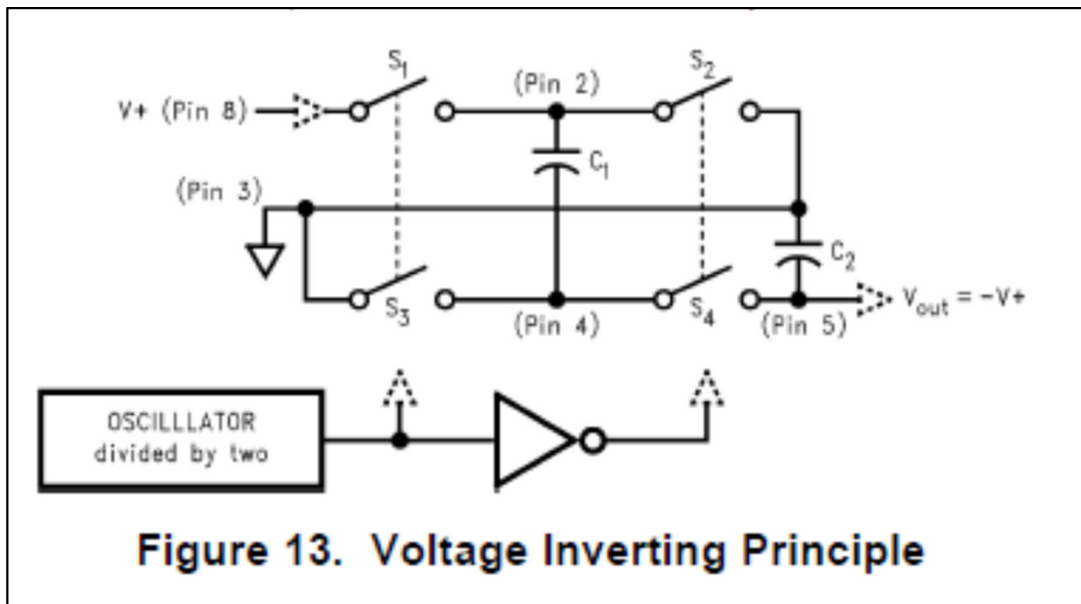
LM2660 Switched Capacitor Voltage Converter

1 Features

- Inverts or Doubles Input Supply Voltage
- Narrow SOIC and VSSOP Packages
- 6.5-Ω Typical Output Resistance
- 88% Typical Conversion Efficiency at 100 mA
- Selectable Oscillator Frequency: 10 kHz/80 kHz
- Optional External Oscillator Input

3 Description

The LM2660 CMOS charge-pump voltage converter is a versatile unregulated switched capacitor inverter or doubler. Operating from a wide 1.5-V to 5.5-V supply voltage, the LM2660 uses two low-cost capacitors to provide 100 mA of output current without the cost, size and EMI related to inductor-based converters. With an operating current of only 120 μ A and operating efficiency greater than 90% at most loads.



Texas Instruments社の電源変換IC

- 入力とは逆符号の電圧を発生
- 1.5～5.5V対応 (ノートPC, スマホ, etc)
- 多くのアナログ回路で±両方の電源が必要。電池駆動の場合に負電源が得られるので超便利。