

ブートストラップ回路による 電圧制御発振回路

東海大学大学院

産業工学研究科 情報工学専攻(2年)

廣瀬 貴規

発表手順

- 背景と目的
- 提案回路の回路構成と動作
- 集積化する場合の回路構成
- 実験結果
- まとめと今後の課題

背景と目的

三角波(のこぎり波)と方形波を同時に得る代表的な回路としてミラー積分回路とブートストラップ回路がある。今日、電圧制御発振器(VCO)を構成する場合にはミラー積分回路を利用するのが一般的である。その主な理由は、個別部品のミラー積分回路は、ブートストラップ回路よりも回路構成と解析が比較的簡単なためである。



しかし、ミラー積分回路は、キャパシタを浮いた状態で使用するため雑音に弱いという問題点がある。



そこで、本研究では、キャパシタの一端子が接地される構成になっているブートストラップ回路を用いて外来雑音に対して安定な三角波(のこぎり波)と方形波が同時に得られる電圧制御発振器を構成すること。

また、個別部品によるブートストラップ回路を利用したVCOでは発振周波数が低く、応用範囲が限定されるので、これを高い周波数が得られるように集積化を行って、応用範囲の拡大を図ることを目的としている。

提案回路の回路構成と動作

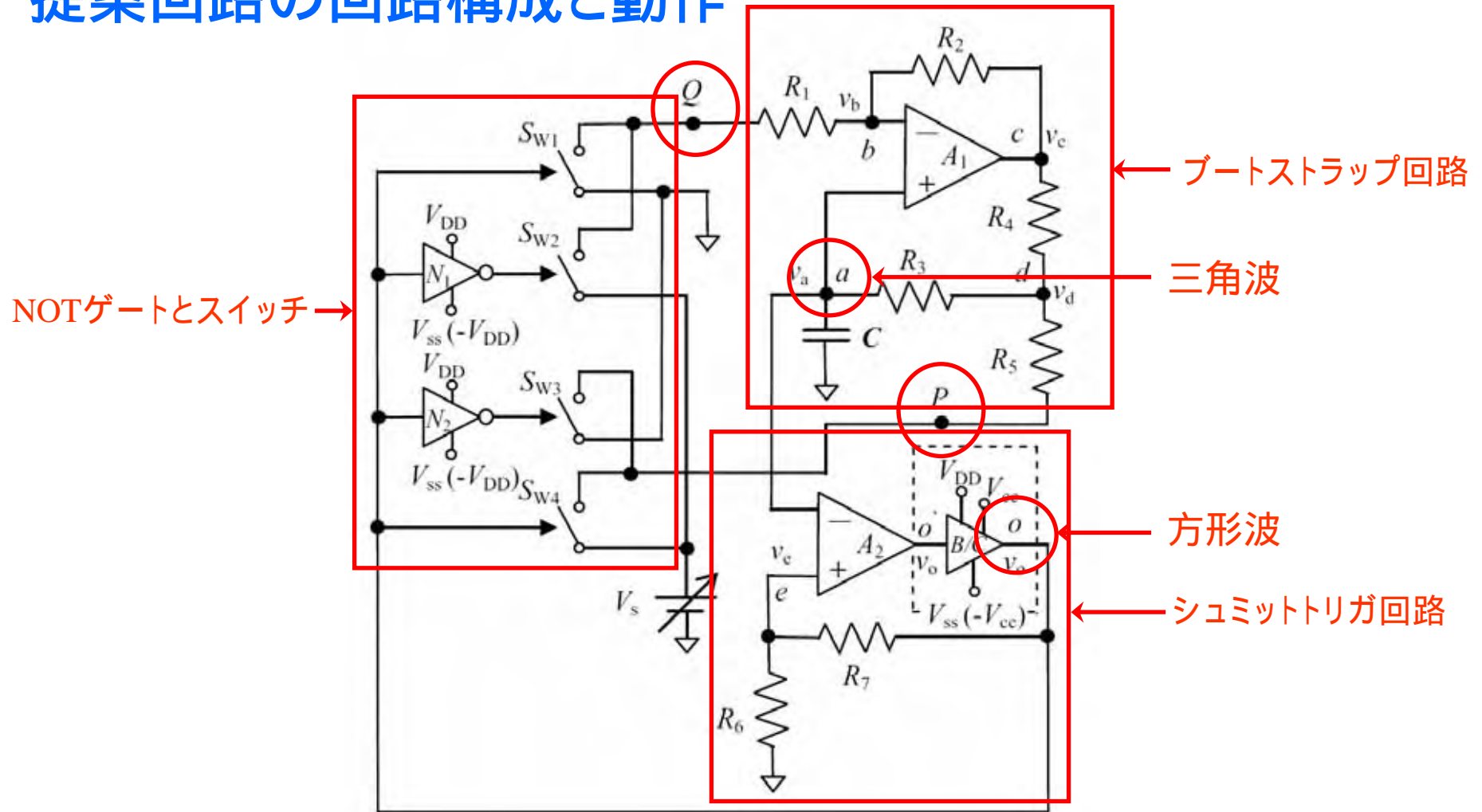


図1 提案回路の個別部品を用いた場合の回路

シュミットトリガ回路の出力がローレベルの時, a点の電圧は

$$v_a(t) = \frac{R_2 R_4 V_s}{CR_1 R_3 (R_4 + R_5)} t \quad (1)$$

e点の電圧は

$$v_{e-} = -\frac{R_6}{R_6 + R_7} V_{cc} \quad (2)$$

シュミットトリガ回路の出力がハイレベルの時, a点の電圧は

$$v_a(t) = -\frac{R_2 R_5 V_s}{CR_1 R_3 (R_4 + R_5)} t \quad (3)$$

e点の電圧は

$$v_{e+} = \frac{R_6}{R_6 + R_7} V_{cc} \quad (4)$$

シュミットトリガ回路の出力がハイレベルの半周期の時間 t_{w1} は、式(2)の値から式(1)で表わされる $v_a(t)$ が直線的に上昇していき、式(4)の値に達するまでの時間なので、

$$\frac{R_6}{R_6 + R_7} V_{cc} = -\frac{R_6}{R_6 + R_7} V_{cc} + \frac{R_2 R_4 V_s}{CR_1 R_3 (R_4 + R_5)} t_{w1} \quad (5)$$

これより、 t_{w1} は

$$t_{w1} = \frac{2CR_1 R_3 (R_4 + R_5) R_6 V_{cc}}{R_2 R_4 (R_6 + R_7) V_s} \quad (6)$$

一方、反転端子に制御電圧 V_s が印加されている間の発振の半周期 t_{w2} は、式(4)で表される値から、式(3)で表わされる $v_a(t)$ が直線的に降下していき、式(2)の値に達するまでの時間なので、

$$-\frac{R_6}{R_6 + R_7} V_{cc} = \frac{R_6}{R_6 + R_7} V_{cc} - \frac{R_2 R_5 V_s}{CR_1 R_3 (R_4 + R_5)} t_{w2} \quad (7)$$

これより t_{w2} は

$$t_{w2} = \frac{2CR_1R_3(R_4 + R_5)R_6V_{cc}}{R_2R_5(R_6 + R_7)V_s} \quad (8)$$

ここで、式(6)、(8)において $R_1=R_2=R_4=R_5$ とおくと、式(6)、(8)は等しくなり、この場合の発振周波数 f_{out} は

$$f_{out} = \frac{(R_6 + R_7)V_s}{8CR_3R_6V_{cc}} \quad (9)$$

制御電圧 V_s に比例することがわかる。さらに $R_6=R_7$ とおくと

$$f_{out} = \frac{V_s}{4CR_3V_{cc}} \quad (10)$$

非常に簡単な数式となり制御電圧 V_s に比例することがわかる。

集積化した場合の回路構成

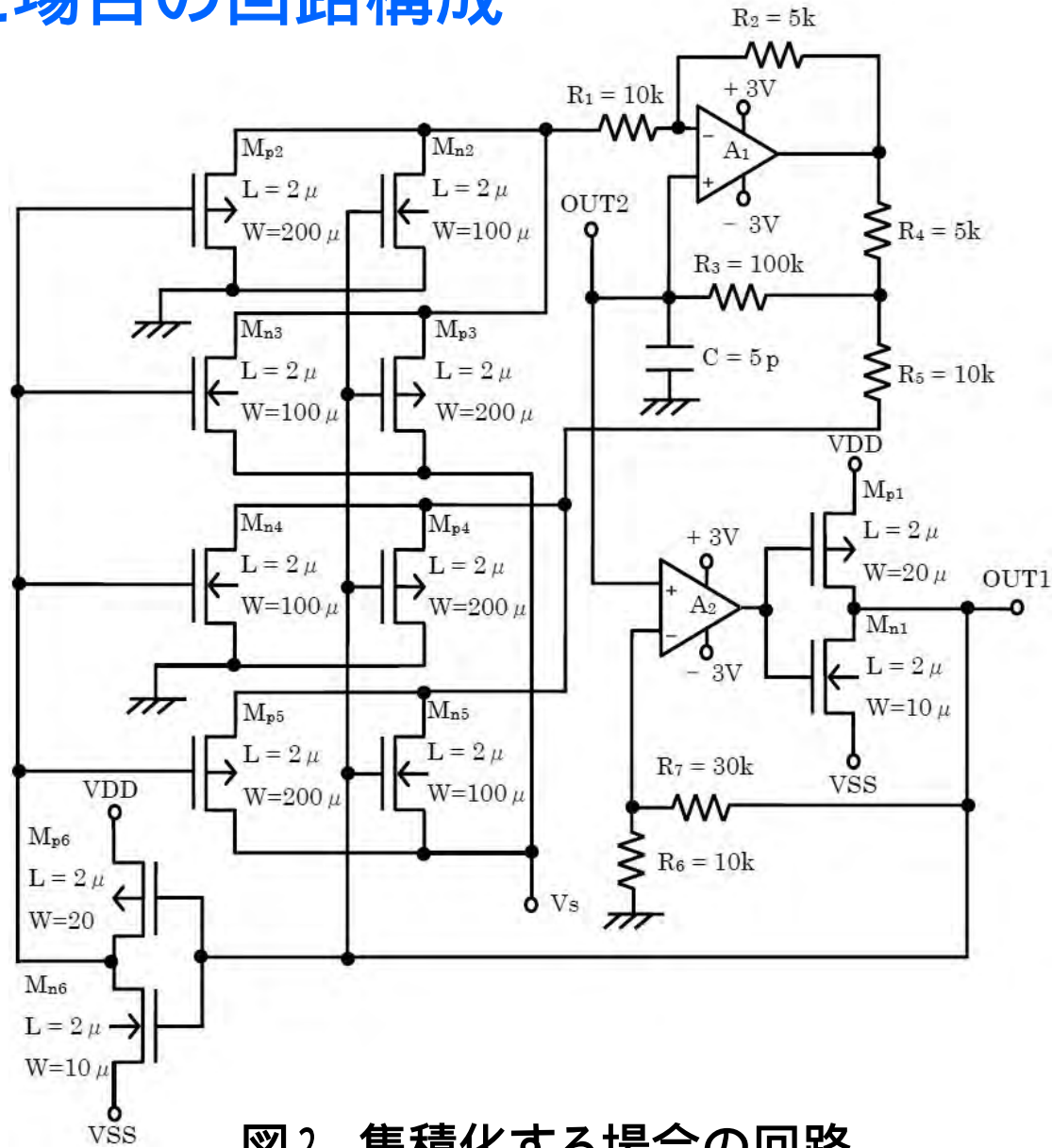
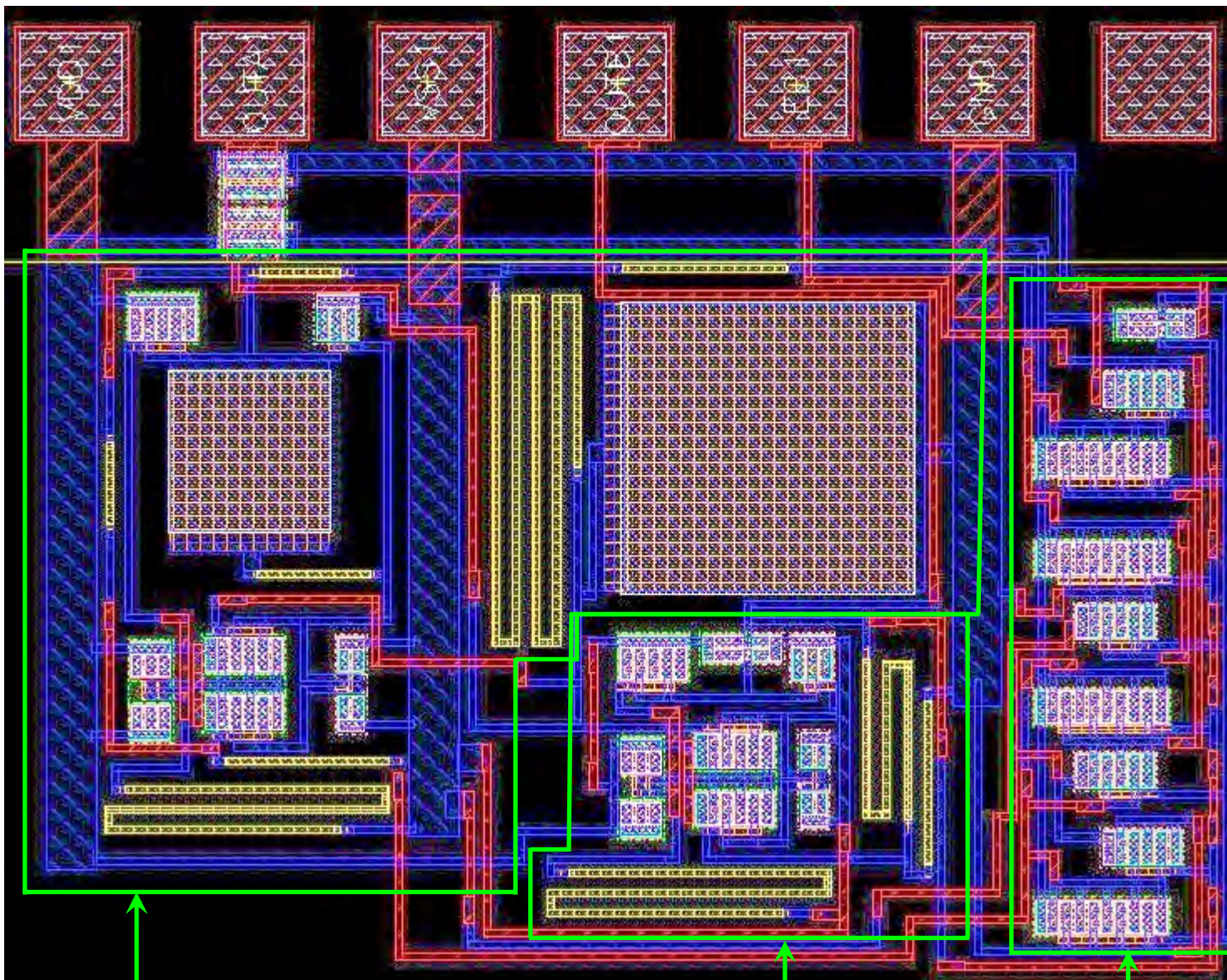


図2 集積化する場合の回路

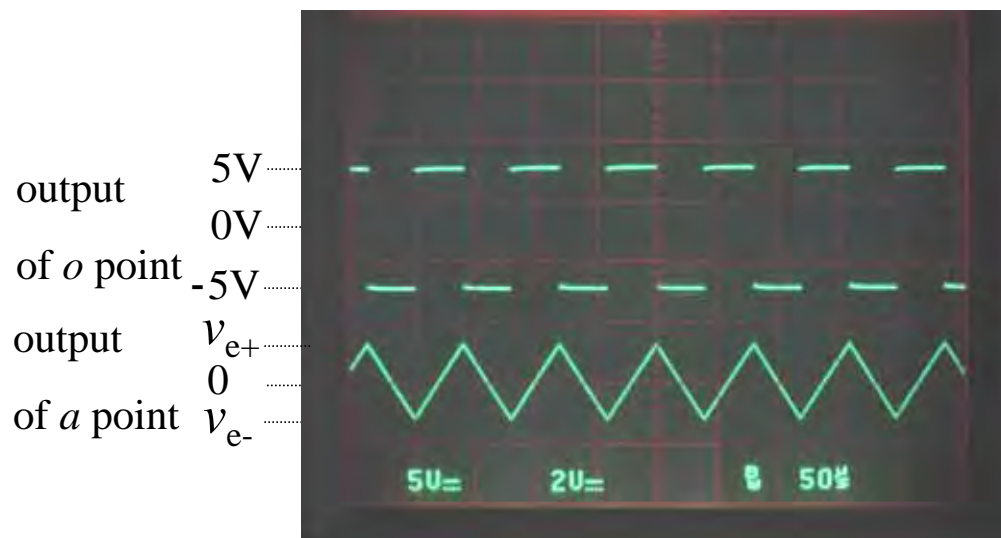


ブートストラップ回路

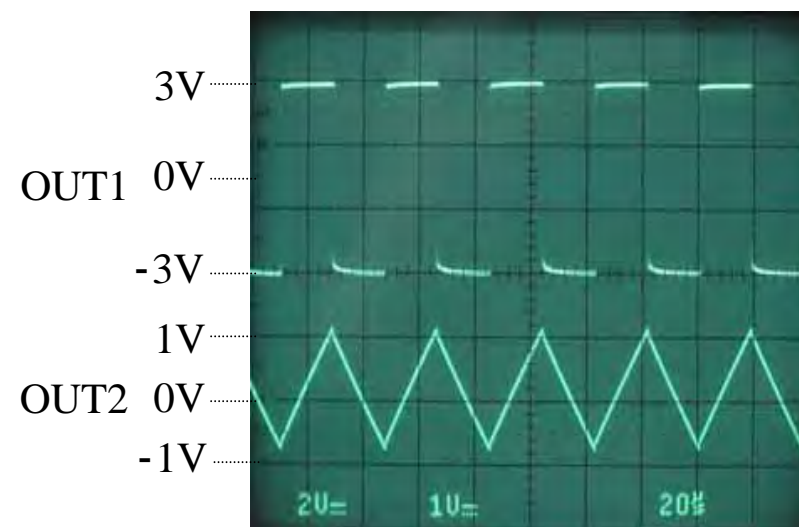
図3 レイアウト図

シュミットトリガ回路とスイッチ

実験結果 (1/2)



個別部品 (VDD = 5V)



試作チップ (VDD = 3V)

図4 提案した電圧制御発振器の動作波形

実験結果 (2/2)

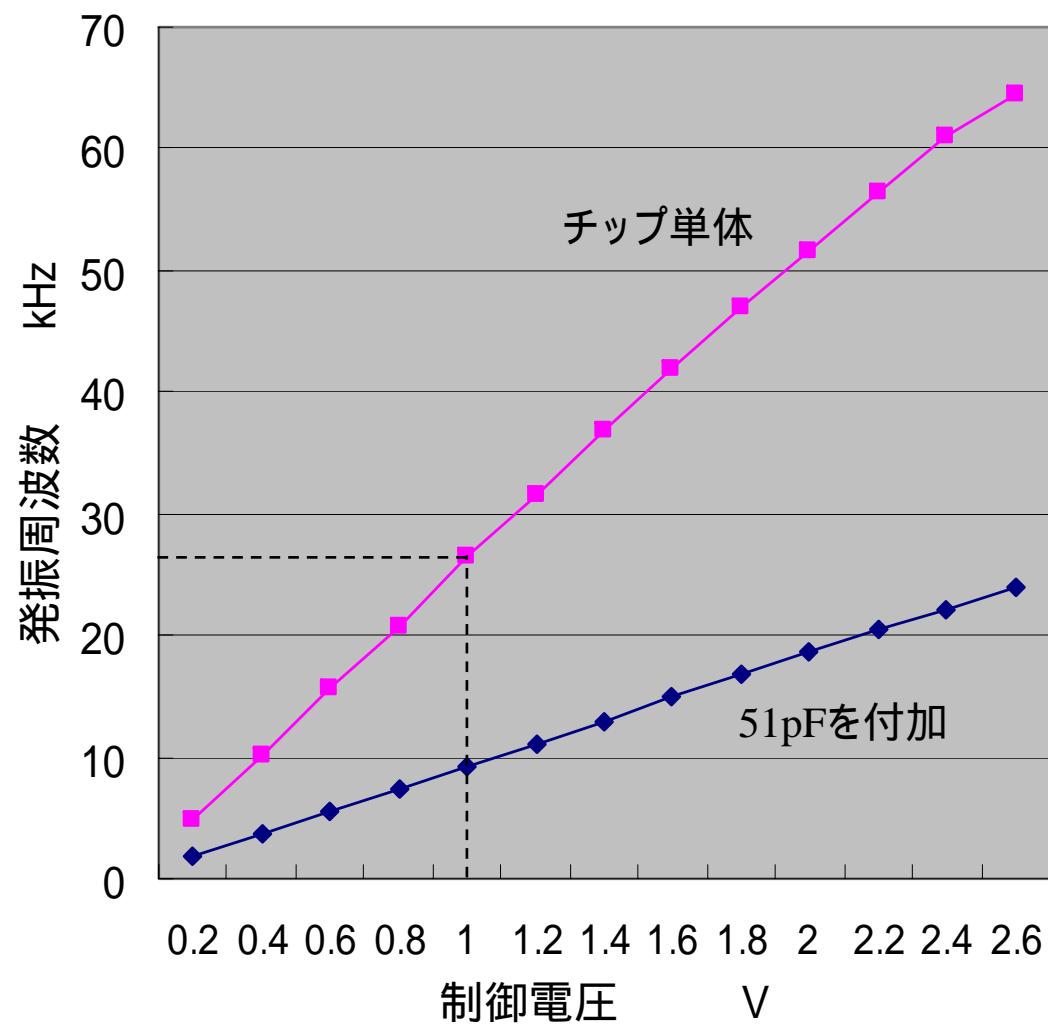


図5 制御電圧と発振周波数の関係 (試作チップ)

まとめと今後の課題

- ブートストラップ回路を用い、三角波(のこぎり波)と方形波を同時に得られる電圧制御発振器を提案し、その集積化を行った。
- この回路は正の制御電圧のみで容易に発振周波数を広範囲に亘って可変できることを確認した。
- なお、この回路はキャパシタの一端が接地されているのでミラー積分回路を応用した構成よりも雑音に影響されにくいと思われる。
- 今後の課題として、応用範囲を拡大するために高い周波数が得られる集積化の方法について検討する予定である。