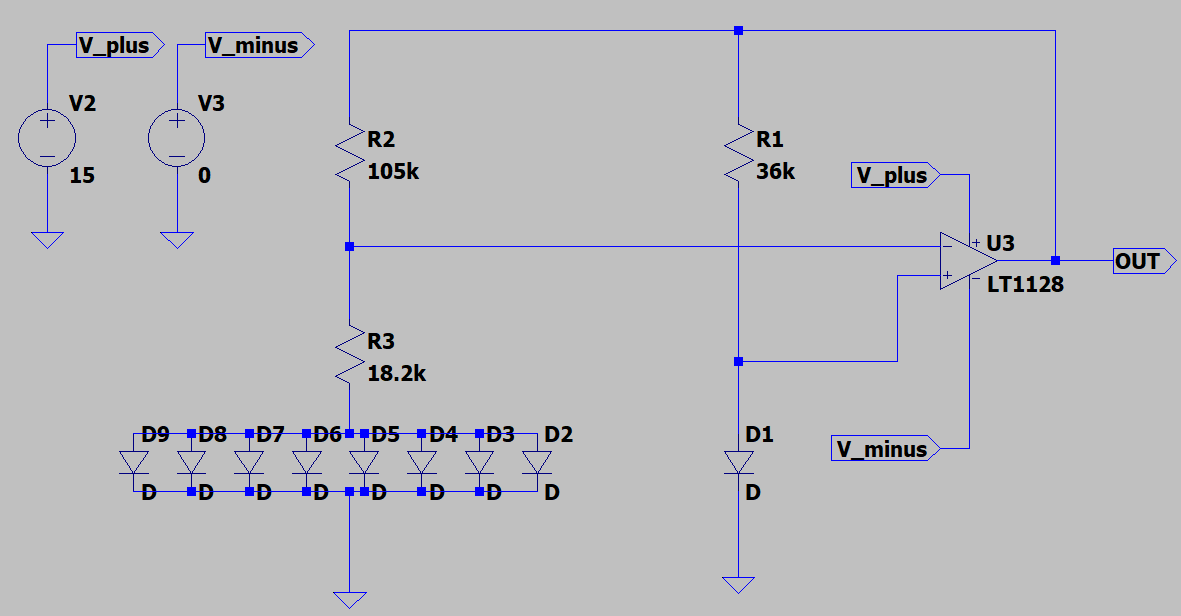
1. **バンドギャップ回路の回路図を示し、その動作原理を説明せよ。また、使われ方やレイアウトなど、バンドギャップ回路で注意すべき点を挙げよ。**

**解答）**図1にバンドギャップ回路の回路図を示す。



Vf1

Vf2

ΔVf

Vref

I2

I1

図1. バンドギャップ回路図

**◆バンドギャップ回路の動作原理**

　バンドギャップ回路は、ダイオード素子のVf1（負の温特）と、異なる電流でバイアスしたダイオード素子のΔVf（正の温特）を加算することで温度特性をキャンセルして、温度特性のないリファレンス電圧Vrefを生成する回路である。

　以下、リファレンス電圧Vrefを導出する。ダイオード電圧Vf1、Vf2をI1、I2で表すと、

となる。この式から、R3の両端電圧ΔVfを求めると、

ここで、R1、R2の両端電圧が等しい、即ち、I1R1=I2R2となることからI1、I2を消去すると、

　　 　　　　　　　　　　　　式(1)

となる。また、I2の電流値を、ΔVfを用いて表すと、

　　 　　　　　　　式(2)

となる。式(1)、式(2)を用いてI1の電流経路に対してリファレンス電圧Vrefの式を立てると、

となる。以上のことから、バンドギャップ回路のリファレンス電圧Vrefは、抵抗比、ダイオードの並列数(n)、及びオペアンプで設計可能であると分かる。また、回路サイズを小さくするには、R1、R2、R3の値を調整して、並列数nが少なくなるように設計すれば良い。

**◆ 使われ方・レイアウト時の注意点**

バンドギャップ回路は、温度によらず一定の電圧を供給できるため、他の回路への基準電源として使われる。バンドギャップ回路の出力電圧は、抵抗比とダイオード並列数で決まるため、抵抗やダイオードが設計値通りの値となるように、ばらつきを抑える必要がある。

レイアウト時の注意点としては、ダイオード形成時の製造ばらつきによる寸法誤差などの影響を低減するために、ダイオードD1を囲うように対称にダイオードD2～D9を配置する（コモンセントロイド配置）などが挙げられる。

1. **電源起因で不具合を発生させた実例を調査し。その原因と対策を説明せよ。**

解答）

1. **下記レイアウトを読み取り、回路図を作成せよ。**

**解答）**図3にレイアウトから読み取った回路構成を示す。

回路構成より、差動増幅と出力バッファから構成される2段CMOSオペアンプ回路であると考えられる。

**出力バッファ**

**差動増幅**

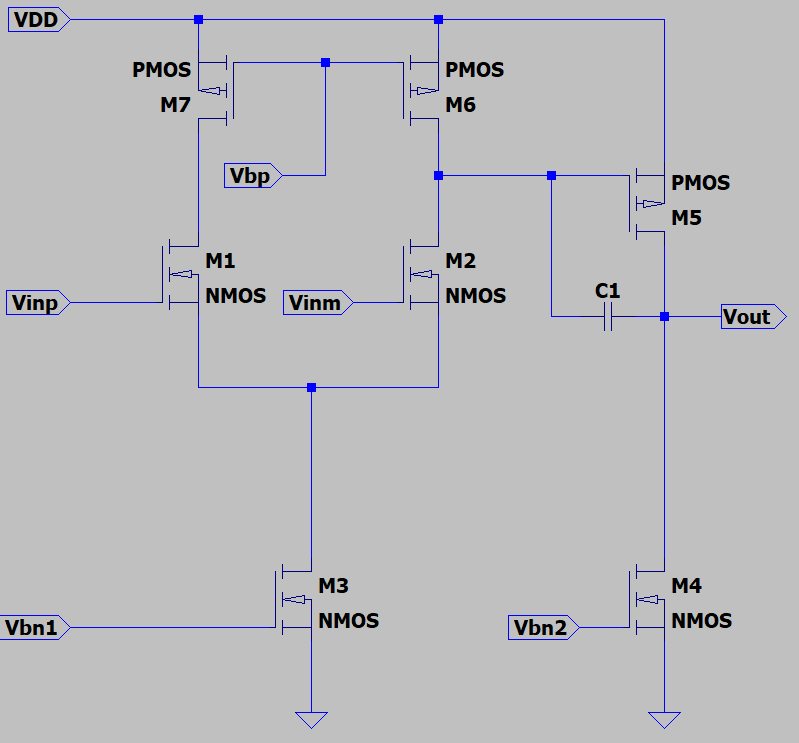
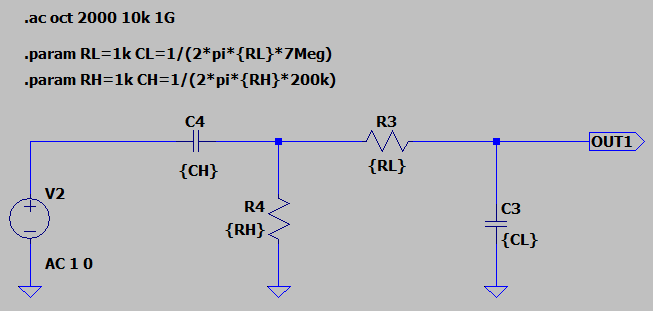
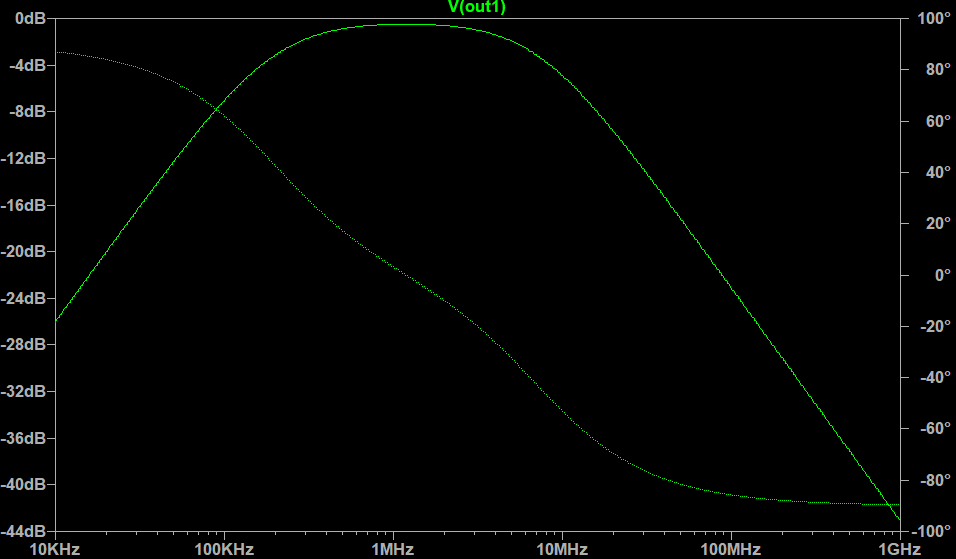


図3.　2段CMOSオペアンプ回路(赤枠：差動増幅、緑枠：出力バッファ)

1. **100kHz、1MHz、10MHzの信号を入力した時に、1MHzの周波数成分のみを通過させるバンドパスフィルタを検討し、LT-spiceで検証し、結果を報告せよ。**

**解答）**図4に、LT-spiceで検討したバンドパスフィルタ回路およびAC解析結果を示す。





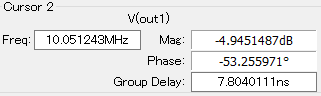
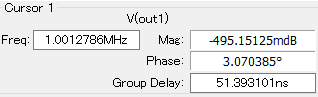
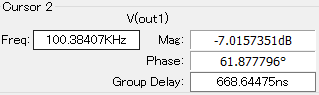
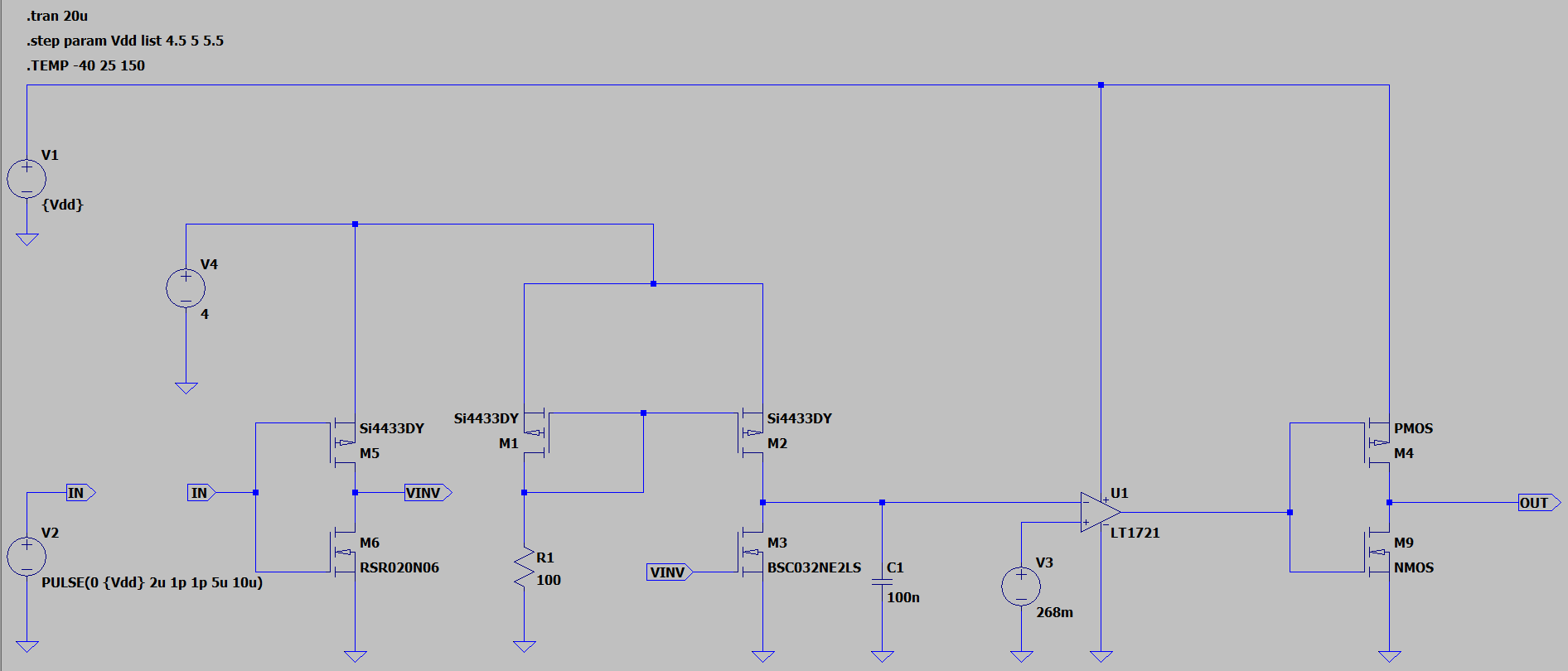


図4.　バンドパスフィルタの回路図（上図）とAC解析結果（下図）

1. **下記の仕様を満足する回路構成（ブロック図）を道場で学んだ回路を使って作成せよ。（LT-spiceでの検証は必須ではない。）　※ カレントミラー回路は必ず使用すること**

解答）



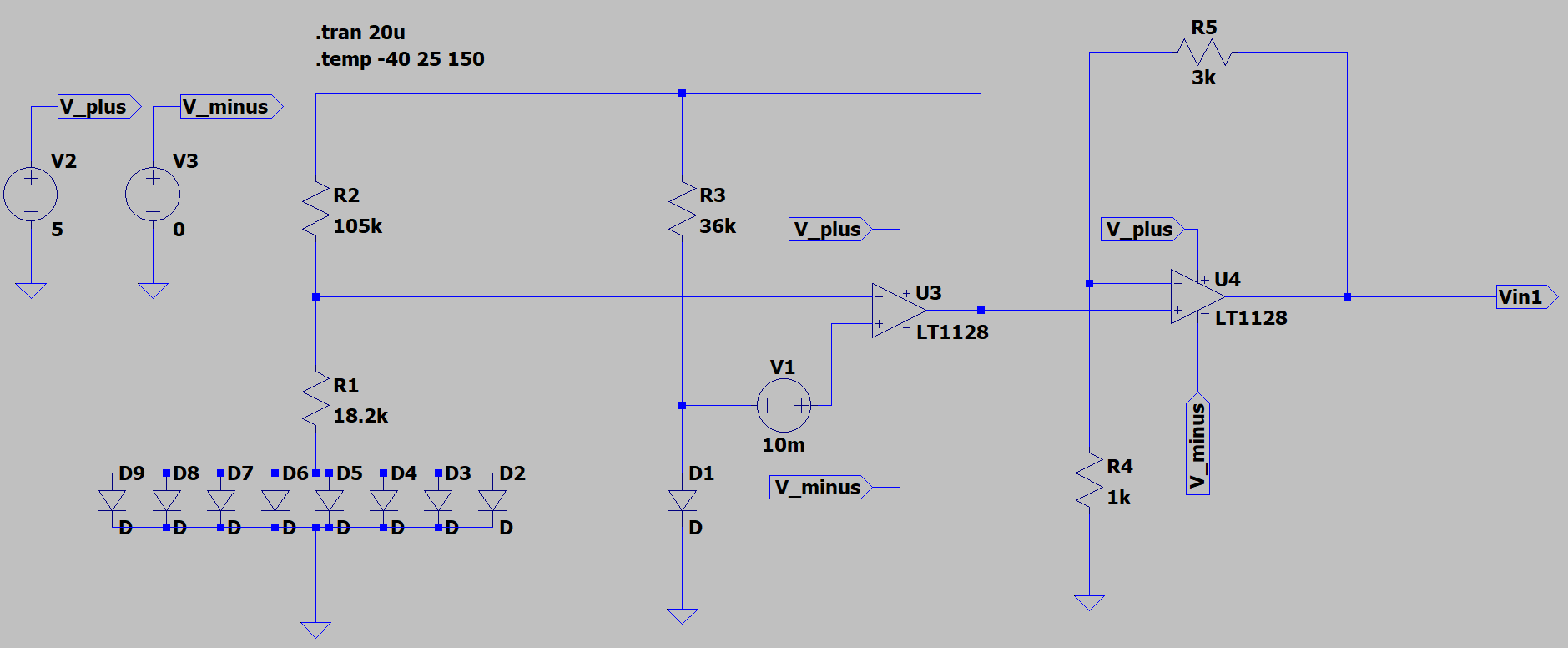
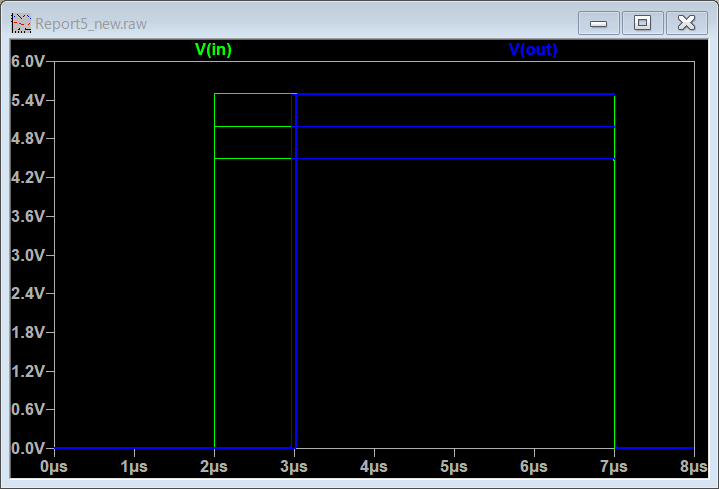
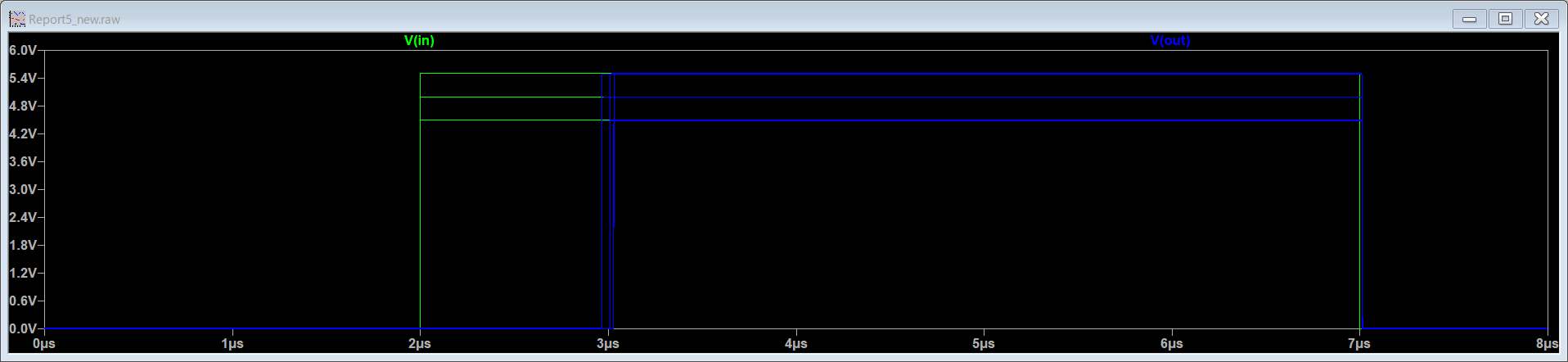


図6.電源回路構成例