

高精度4mA ~ 20mA カレントループ・レシーバ

特 長

- 完全な4-20mA ~ 0-5Vへの変換
- センス抵抗内蔵
- 高精度10Vリファレンス
- レベルシフト内蔵
- $\pm 40V$ の同相モード入力範囲
- 0.1%の総合変換精度
- 高雑音除去比：86dB CMR

アプリケーション

- プロセス制御
- 工業用制御
- ファクトリー・オートメーション
- データ収集システム
- SCADA
- RTU
- ESD
- 機械監視

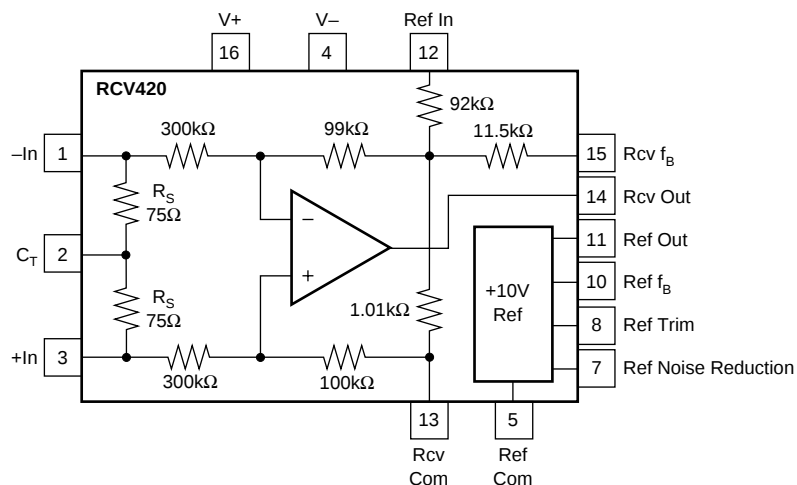
概 要

RCV420は、4-20mAの入力信号を0-5Vの出力信号に変換するように設計された、高精度なカレントループ・レシーバです。モノリシック構造ですので、ローコストで高い信頼性を実現しています。この回路はハイグレードのオペアンプ、高精度抵抗網、および高精度10Vリファレンスで構成されており、0.1%の総合変換精度、86dBのCMR、および $\pm 40V$ の同相モード入力範囲などの優れた性能を備えています。

この回路はフルスケールにおいて、最大で1.5Vの電圧降下しか生じないため、その他の測定系の負荷を含むループやトランスミッタのコンプライアンス電圧が高いところ

で、本質防爆が必要とされるアプリケーションに最適です。また、リファレンス電圧は10Vで、標準的な温度ドリフトは5ppm/ $^{\circ}C$ と極めて高精度です。

RCV420は全機能を内蔵するレシーバですので、多様な機能を提供します。ゲイン、オフセットおよびCMRはまったく調整の必要がありません。そのため、次の3つの点においてディスクリートを使用するボードレベルの設計に比べ有利です：1) 初期設計コストが低い、2) 製造コストが低い、3) 簡単でかつコスト効率の良いフィールド修理が可能。



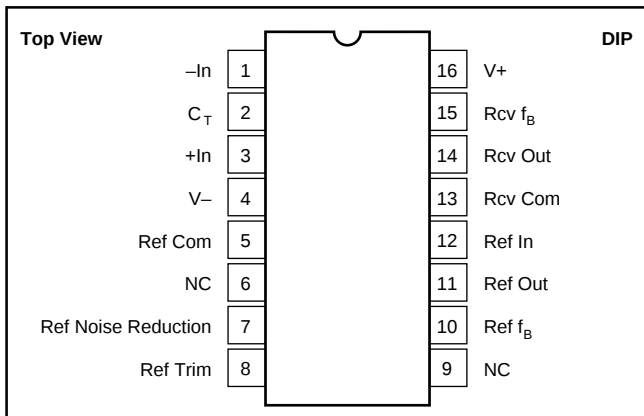
仕様

特に記述のない限り、T_A=+25 およびV_S=±15Vです。

特性	RCV420KP, JP			単位
	最小	標準	最大	
ゲイン 初期値 誤差 誤差JPグレード 温度ドリフト 非直線性 ⁽¹⁾		0.3125 0.05 15 0.0002	 0.15 0.25 0.002	V/mA % of span % of span ppm/ % of span
出力 定格電圧(I _O = +10, -5mA) 定格電流(E _O = +10V) インピーダンス(差動) 電流制限(対コモン) 容量性負荷 (安全動作)	10 +10, -5	12 0.01 +49, -13 1000		V mA Ω mA pF
入力 センス抵抗 入力インピーダンス(同相モード) 同相モード電圧 CMR ⁽²⁾ 対温度(DC)(T _A = T _{MIN} ~ T _{MAX}) AC60Hz	74.25 70	75 200 80 76 80	 ±40	Ω kΩ V dB dB dB
オフセット電圧(RTO) ⁽³⁾ 初期値 温度ドリフト 対電源(±11.4V ~ ±18V) 経時変化	 74	 10 90 200	 1	mV μV/ dB μV/mo
ゼロ誤差 ⁽⁴⁾ 初期値 初期値JPグレード 温度ドリフト		0.025 10	 0.075 0.15	% of span % of span ppm of span/
出力雑音電圧 f _B = 0.1Hz ~ 10Hz f _O = 10kHz		50 800		μVp-p nV/√Hz
ダイナミック応答 ゲイン帯域幅 フルパワー帯域幅 スルーレート セトリングタイム(0.01%)		150 30 1.5 10		kHz kHz V/μs μs
リファレンス電圧 初期値 調整範囲 ⁽⁵⁾ 温度ドリフト 対電源(±11.4V ~ ±18V) 対出力電流(I _O = 0 ~ +10mA) 経時変化 雑音(0.1Hz ~ 10Hz) 出力電流	9.99 +10, -2	±4 5 0.0002 0.0002 15 5	10.01	V % ppm/ %/V %/mA ppm/kHz μVp-p mA
電源 定格 電圧範囲 ⁽⁶⁾ 無信号時電流(V _O = 0V)	-5, +11.4	±15 3	±18 4	V V mA
温度範囲 仕様 動作 保存 熱抵抗、θ _{JA}	0 -25 -40	 80	+70 +85 +85	°C/W

注：(1)非直線性はベスト・フィット・ラインからの最大ピーク偏差値です。(2)Rcvコモン・ピンのソース・インピーダンスが0の場合です。(3)リファレンス入力を含む全入力を接地した場合の出力換算値です。(4)4mAの入力信号およびリファレンス電圧端子が接続された場合(V_{OS}, ゲイン誤差およびリファレンス電圧誤差を含む)です。(5)外部調整を行うとドリフトに多少影響を与えます。(6)I_ORef=5mA, I_ORcv=2mAの場合です。

ピン配置



絶対最大定格⁽¹⁾

電源電圧	± 22V
連続入力電流	40mA
瞬時入力電流、0.1秒	250mA, 1%デューティ・サイクル
連続同相モード入力電圧	± 40V
リード線温度(10秒間の半田付)	+300°C
コモンへの出力短絡時間(Rcv & Ref)	連続

注:(1)上記定格以上のストレスを与えると、デバイスが永久的に損傷します。

ご発注の手引き

モデル	温度範囲	パッケージ
RCV420KP	0°C ~ +70°C	16ピン・プラスチックDIP
RCV420JP	0°C ~ +70°C	16ピン・プラスチックDIP

パッケージ情報

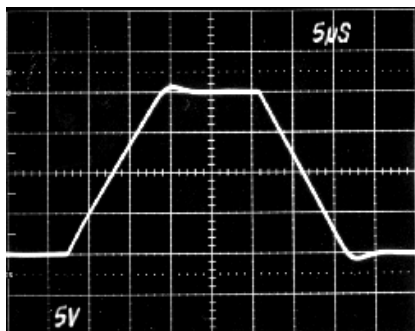
モデル	パッケージ	パッケージ 図番号 ⁽¹⁾
RCV420KP	16ピン・プラスチックDIP	180
RCV420JP	16ピン・プラスチックDIP	180

注:(1)詳細図および寸法については、データシートの巻末を参照して下さい。

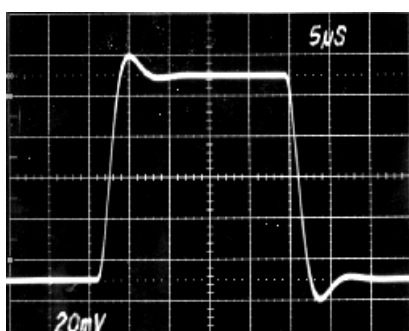
代表的性能曲線

特に記述のない限り、 $T_A = +25$ および $V_S = \pm 15V$ です。

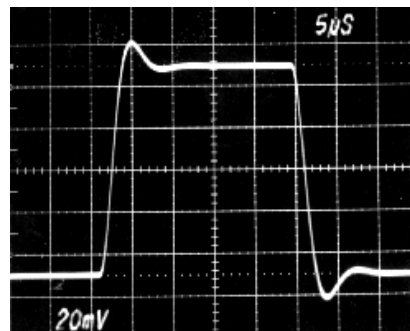
ステップ応答
無負荷



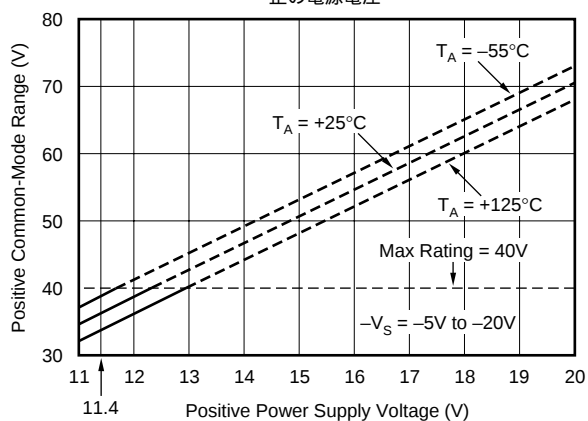
小信号応答
無負荷



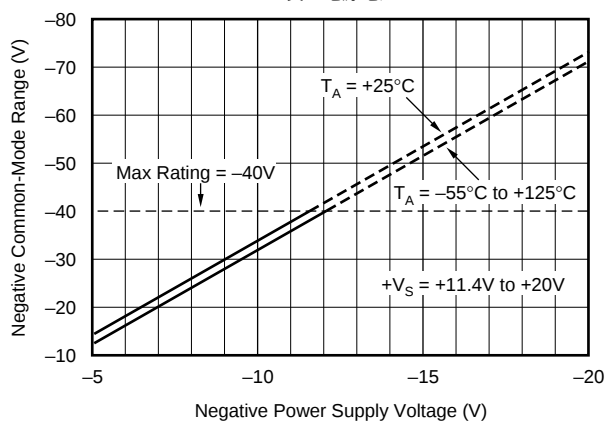
小信号応答
 $R_L = \infty$, $C_L = 1000pF$



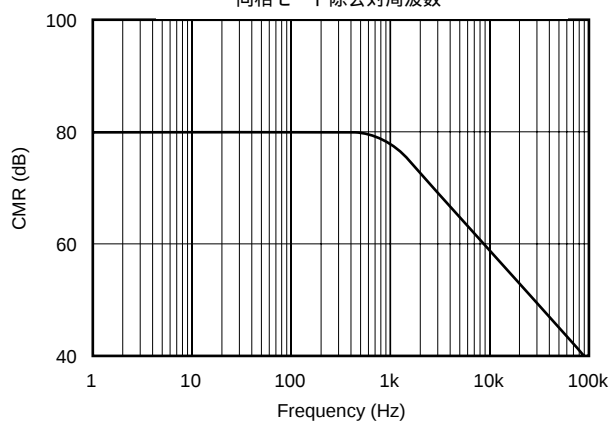
正の同相モード電圧範囲対
正の電源電圧



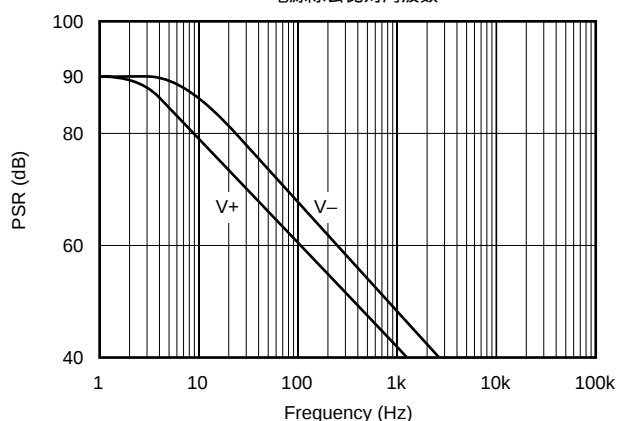
負の同相モード電圧範囲対
負の電源電圧



同相モード除去対周波数



電源除去比対周波数



動作原理

最初のページのブロック図を参照して下さい。4–20mAを入力し、0–5Vを出力する場合、回路に必要な伝達インピーダンスは、次のようになります。

$$V_{OUT} / I_{IN} = 5V / 16mA = 0.3125 V / mA$$

必要な出力レベル(4mAで0Vそして20mAで5V)を達成するには、アンプの出力を次の値だけオフセットしなければなりません。

$$V_{OS} = -(4mA)(0.3125V / mA) = -1.25V$$

この入力電流信号は、信号の極性に応じて+Inまたは-Inのいずれかに接続され、センタタップ C_T を通してグランドに帰還されます。入力は、マッチングがとられた75Ωのセンス抵抗 R_S 2本で構成されているので、高い同相モード電圧信号除去と、真の差動電流–電圧変換を実現します。これらのセンス抵抗は入力電流を、それに比例した電圧に変換し、この電圧を差動アンプで増幅します。このアンプの電圧ゲインは、次式のとおりです。

$$A_D = 5V / (16mA)(75\Omega) = 4.1667V / V$$

アンプの帰還回路内のT形回路は、必要とされる–1.25Vのオフセット電圧を発生するためのサミング・ジャンクションとして機能します。入力抵抗網は、高い入力インピーダンスをもち、同相モード信号入力電圧をオペアンプの同相信号能力に適合した値まで減衰します。

電源と信号の基本接続

電源と信号の正しい接続を図1に示します。両電源ピンは、できるだけアンプの近くで1μFのタンタル・コンデンサによりデカップリングしてください。

外部回路によるゲインおよびCMR誤差を避けるため、接地抵抗が最小となるように図のとおり接続してください。入力信号はその極性に応じて、+Inまたは-Inのどちらかに接続し、センタタップ C_T を通してグランドに帰還させます。リファレンス電圧の出力である「リファレンス出力ピン」は、必要なレベルシフトを行うために、「リファレンス入力ピン」に接続しなければなりません。リファレンス入力ピンをレベルシフトの目的に使用しない場合は、高CMRを維持するために接地してください。

ゲインおよびオフセット調整

RCV420のゲイン調整回路を図2に示します。RCV420のゲインを上げるには、アンプの帰還路に小さな抵抗を挿入します。この方法によってRCV420のゲインを大きくすると、CMRが低下しますので、ゲイン調整は必要最小限にとどめてください。たとえば、一般的に125Ωの抵抗でゲインを1%上昇させることができますが、これによりCMRが約6dB低下します。

また、マッチングのとれた抵抗(R_X)をセンス抵抗と並列に接

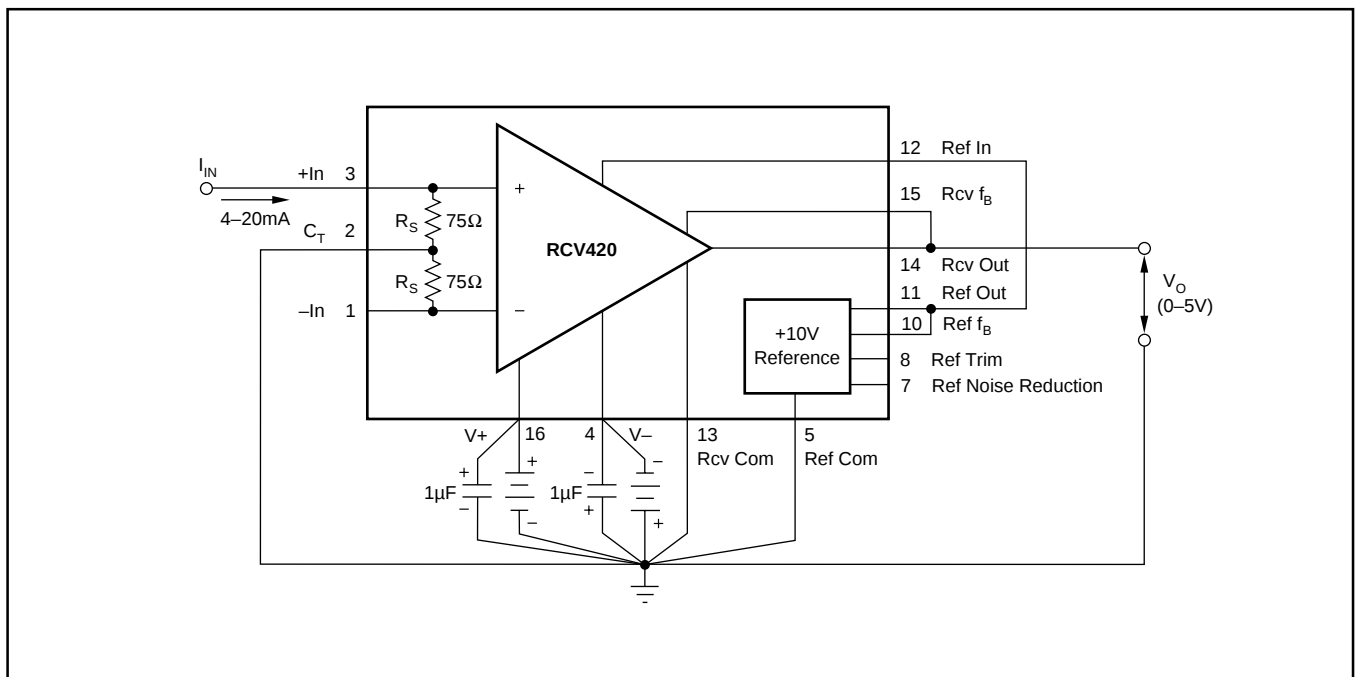


図1. 電源と信号の基本接続

続すれば、ゲインを下げることができます。この回路も図2に示します。調整後のゲインは次式で与えられます。

$$V_{OUT}/I_{IN} = 0.3125 \times R_X / (R_X + R_S)$$

ゲインを1%下げるには7.5kΩの抵抗を使用します。高CMRを維持するには、各センス抵抗に並列接続される抵抗がマッチしていることが大切です。2個の外付け抵抗の温度係数のミスマッチは、ゲイン誤差ドリフトおよびCMRドリフトに影響を与えるので注意してください。

RCV420の出力オフセット電圧を調整する方法は2通りあります。その1つは、内蔵10Vリファレンスをレベルシフトに使用するアプリケーションに適用されます。このアプリケーションでは、リファレンス電圧出力調整手順を用いて、RCV420の出力でのオフセット誤差をなくすることができます。リファレンス電圧調整回路については、“リファレンス電圧”の項で説明します。

リファレンス電圧をレベルシフトに使用しないとき、または大きなオフセット調整が必要なときには、図3の回路を使用してオフセット調整を行うことができます。高CMRを維持するには、レシーバ・コモンインピーダンスを低くしなければなりません。

ゼロ調整

RCV420の出力電圧のレベルシフトは、リファレンス入力ピンまたはレシーバ・コモンピンのいずれかを使用して行うことができます。リファレンス入力ピンを使用した場合の弱点は、このピンからRCV420の出力までに8:1の電圧減衰があることです。そのため、オフセットが大きいときはレシーバ・コモンピンを使用します。その理由はレシーバ・コモンピンの電圧が直接出力に現れるからです。レシーバ・コモンピンを使用して、RCV420の出力電圧をレベルシフトする回路を図4に示します。低出力インピーダンスを有するアンプを使用して、高CMRを維持することが大事です。この方法でゼロ調整を行う場合には、リファレンス入力ピンをレシーバ・コモンピンに接続しておかなければなりません。

同相モード除去比の維持

高CMRを維持するのに、2つの重要な要素があり、それらは(1)抵抗のマッチングと温度トラッキング(内蔵抵抗網がこれを行っています)および、(2)ソース・インピーダンスです。CMRはいろいろな抵抗比の正確なマッチングに依存します。そのため仕様で規定するCMRおよびCMR温度係数を維持するための高精度を、ディスクリート部品で確実に達成することは困難であり、コスト高になります。外部回路で抵抗の不均衡が生じると、CMRに直接影響を与えます。このような不均衡は次の要因によって発生します。1)ゲインを下げるときのセンス抵抗のミスマッチ 2)ゲインを上げるときに生じる帰還路の抵抗の増加 3)レシーバ・コモンピンへの直列抵抗の付加

2つのセンス抵抗は、標準で0.01%以内にマッチングするようにレーザ・トリムされていますので、並列抵抗を追加してゲインを下げるときには、各センス抵抗の並列抵抗をマッチさせるように注意しなければなりません。RCV420のゲインを上げて、CMRを高くするときには、帰還網に追加される直列抵抗をできるだけ小さく抑えます。レシーバ・コモンピンを接地する場合でも、レベルシフトのためにリファレンス電圧を接続する場合でも、このピンの直列抵抗はできるだけ小さくしなければなりません。たとえば、このピンの抵抗値が20Ωの場合、CMRは86dBから約80dBに低下します。86dB以上のCMRが必要なアプリケーションでは、図5に示す回路を使用してCMRを調整することができます。

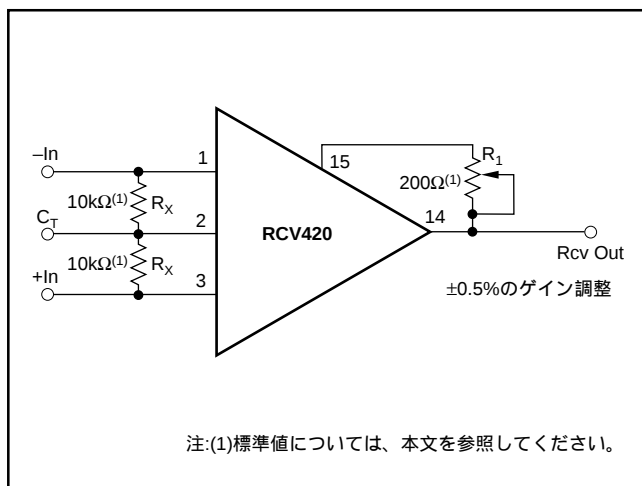


図2. ゲイン調整(オプション)

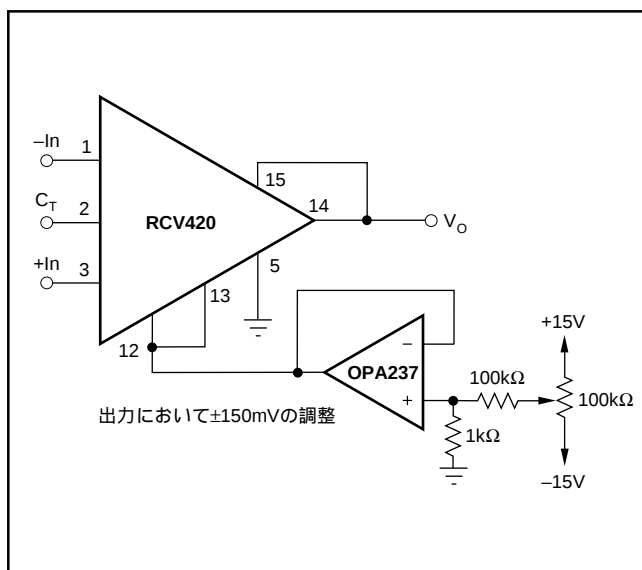


図3. 外部アンプを使用した出力オフセット調整回路(オプション)

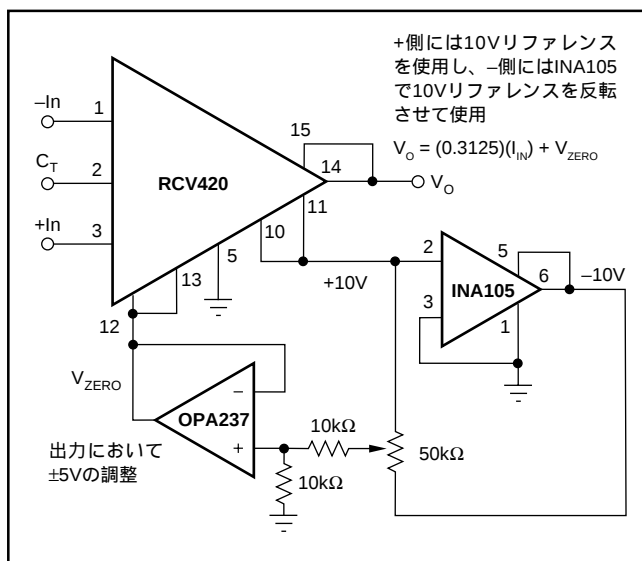


図4. ゼロ調整回路(オプション)

センス抵抗の保護

75Ωのセンス抵抗は、最大連続電流値を40mAとして設計されていますが、0.1秒以内なら250mAまで耐えることができます(絶対最大定格を参照)。センス抵抗を、これらの定格値を超える過

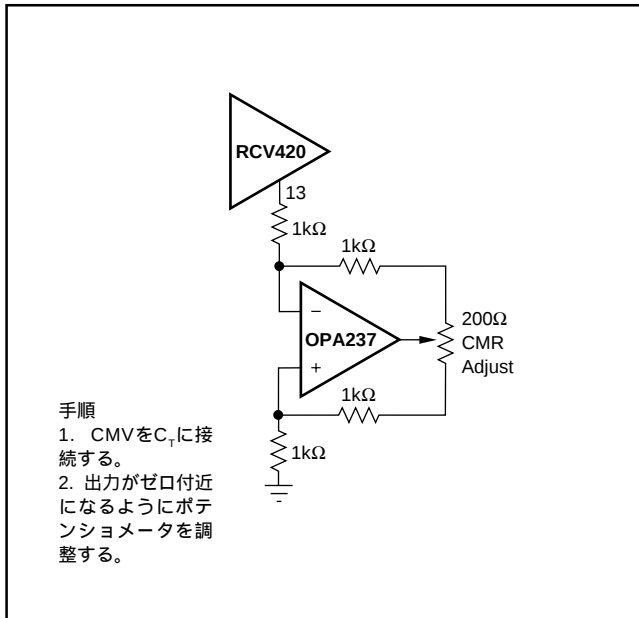


図5. CMRの外部調整回路(オプション)

電流状態から保護する方法を図6に示します。最も簡単でコストのかからない方法は、図6aに示す抵抗を用いることです。この抵抗値は次式から求められます。

$$R_x = V_{CC} / 40\text{mA} - 75\Omega$$

そして、フルスケールでの電圧降下は次のようになります。

$$V_{RX} = 20\text{mA} \times R_x$$

32Vの電源で動作されるシステムでは、 R_x は725Ωで V_{RX} は14.5Vとなります。このような高電圧降下が許容されないアプリケーションでは、図6bまたは図6cの回路を使用します。図6bの回路では、パワーJFETとソース抵抗を電流制限に使用しています。200Ωポテンショメータ R_x は、約30mAの電流制限が行えるように調整します。この回路は、フルスケールで1 - 4Vの電圧降下を生じます。フルスケールでも非常に小さい電圧降下しか許容されない場合は、図6cに示すような0.032Aの217シリーズの高速溶断ヒューズを使用しなければなりません。

リファレンス電圧

RCV420は高精度な10Vリファレンスを内蔵しています。出力電圧調整のための回路を図7に示します。出力を調整すると、電圧ドリフトは調整電圧1mVあたり約0.007ppm/°Cだけ変動します。ポテンショメータの両端で温度係数(TCR)のミスマッチがあると、ドリフトに影響を与えますが、これは内部抵抗の分圧効果によって約5分の1に低減されます。この方式を用いたリファレンス電圧の調整範囲は標準で±400mVです。リファレンス電圧の調整は、RCV420の出力のオフセット誤差を調整する目的にも使用できます。リファレンス入力からレシーバ出力までは8:1の電圧減衰があるため、レシーバ出力でのトリム範囲は標準で±50mVです。

リファレンス電圧の高周波数雑音(1MHzまで)は標準で1mVp-pです。リファレンス電圧をレベルシフトに使用するとき、この雑音がレシーバ出力の雑音に及ぼす影響は、リファレンス入力からレシーバ出力までに8:1の減衰があるため、標準で125μVp-pです。リファレンスの雑音は、ノイズ・リダクション・ピンとグラウンド間に外部コンデンサを接続すれば低減できます。たとえば、0.1μFのコンデンサを使用すると、高周波数雑音はリファレンス出力では約200μVp-p、レシーバ出力では約25μVp-pに低減されます。

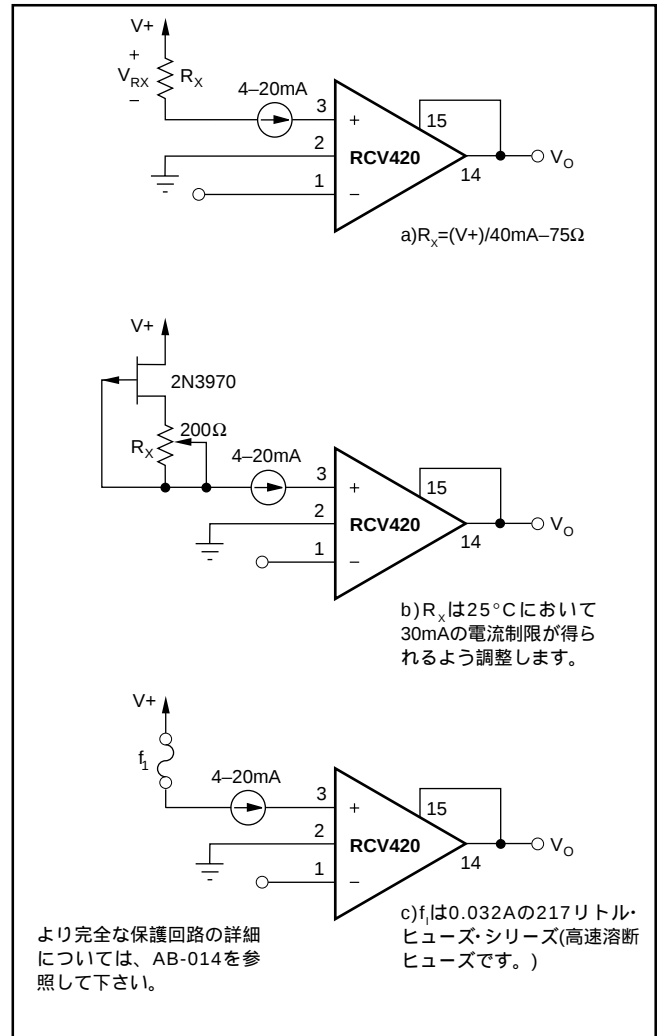


図6. センス抵抗の保護

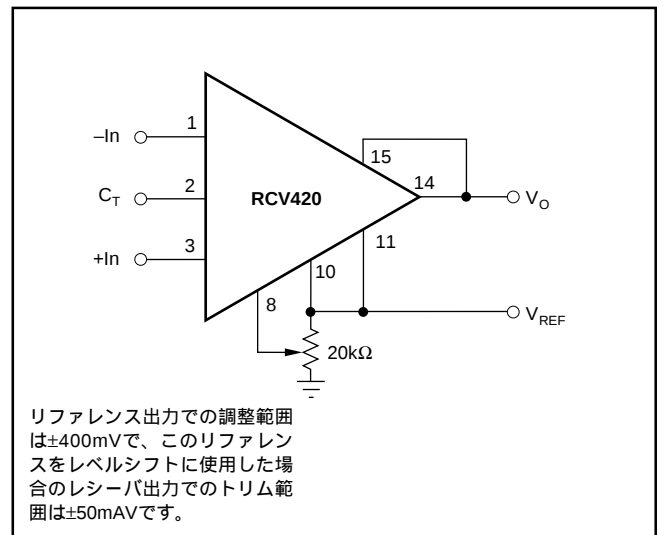


図7. 電圧リファレンス外部調整回路(オプション)

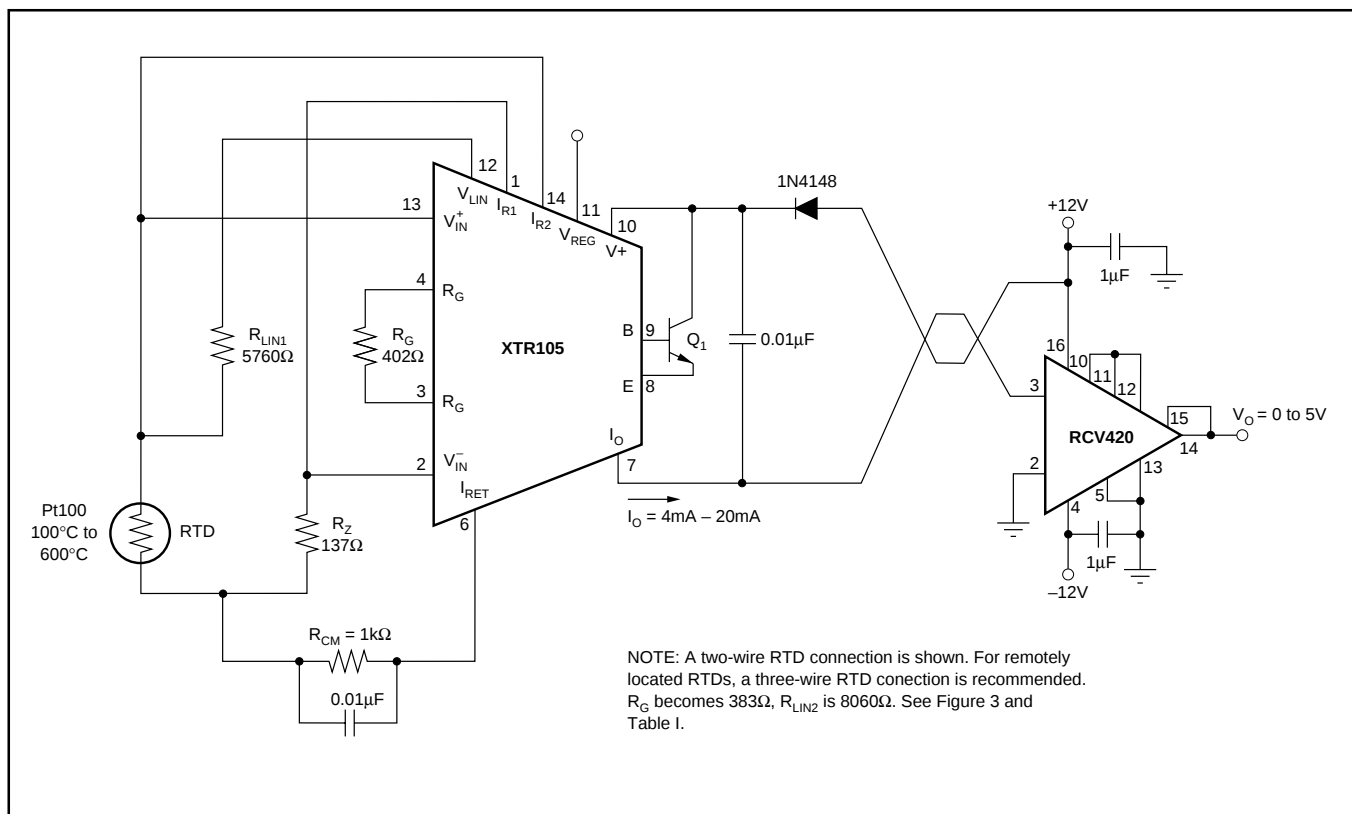


図8. XTR101との併用による高精度4-20mAループ

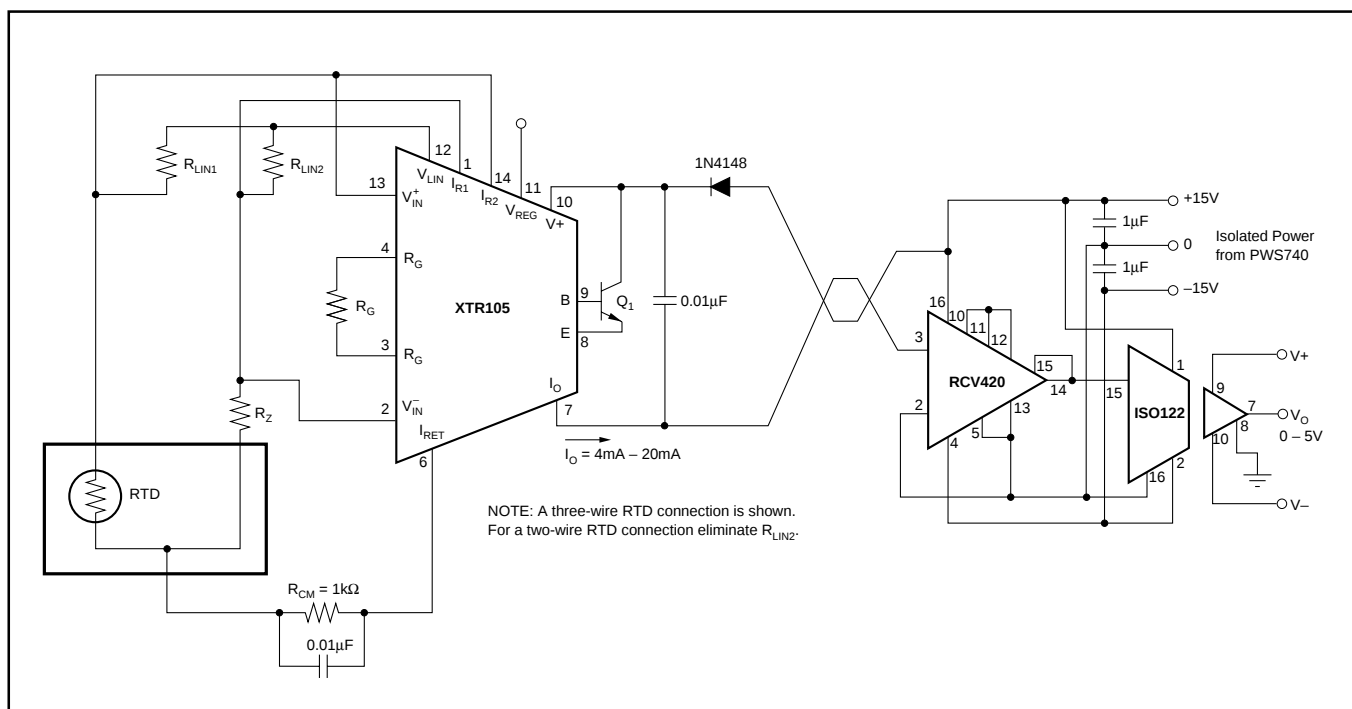
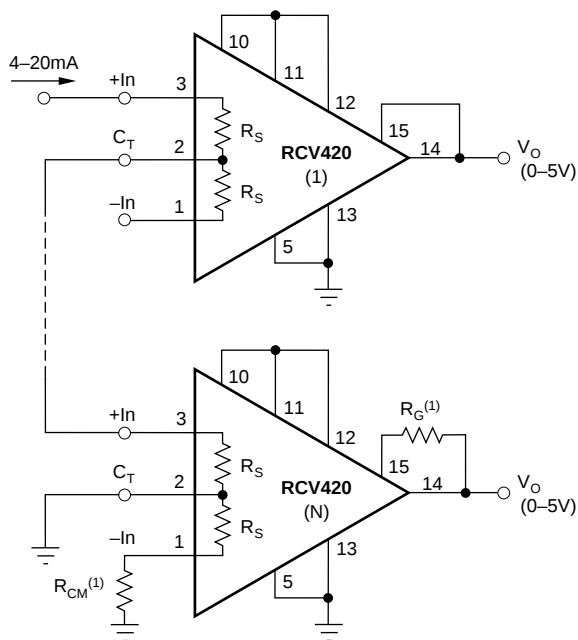


図9. 絶縁された4-20mA測定ループ(RTD使用)



注:(1) R_{CM} および R_G はそれぞれ一桁オーダのCMRおよびゲイン誤差を改善するために使用されます。3個までのRCV420をシリーズ接続する場合の R_{CM} および R_G の標準値を表に示します。無校正時のCMRおよびゲイン誤差の標準値を表に示します。 R_{CM} に500k Ω 、 R_G に100 Ω のポテンショメータを使用すれば更にCMRおよびゲイン誤差を改善することができます。

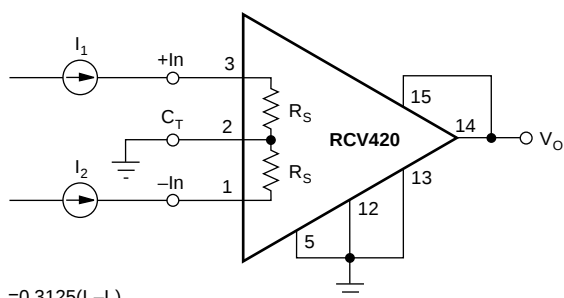
RCV420	R_{CM} (K Ω)	R_G (Ω)
1	∞	0
2	200	7
3	67	23

表 . R_{CM} および R_G の標準値

RCV420	CMR(dB)	Gain Error %
1	94	0.025
2	68	0.075
3	62	0.200

表 . CMRおよびゲイン誤差の標準値(無校正時)

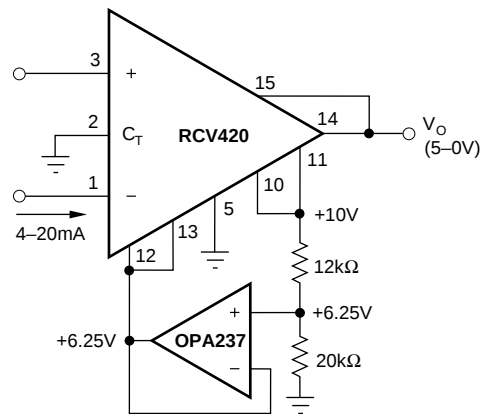
図10. 4-20mAレシーバの直列接続



$$V_O = 0.3125(I_1 - I_2)$$

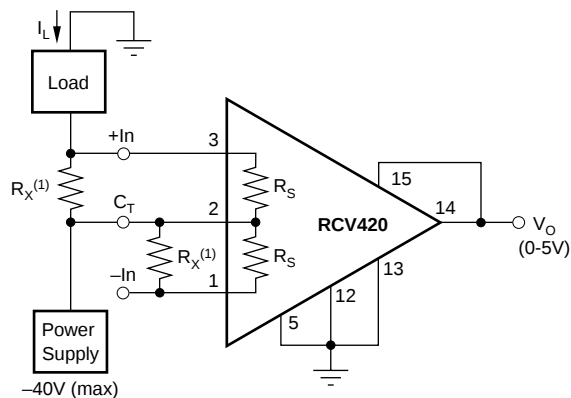
最大ゲイン誤差 $\pm 0.1\%$ (RCV420BG)

図11. 差動電流-電圧変換器



$$V_O = 6.25V - (0.3125)(I_{IN})$$

図12. 4-20mAから5-0Vへの変換



$$\text{注:(1)} R_X = R_S / \left(\frac{I_{L \text{ MAX}}}{16\text{mA}} - 1 \right)$$

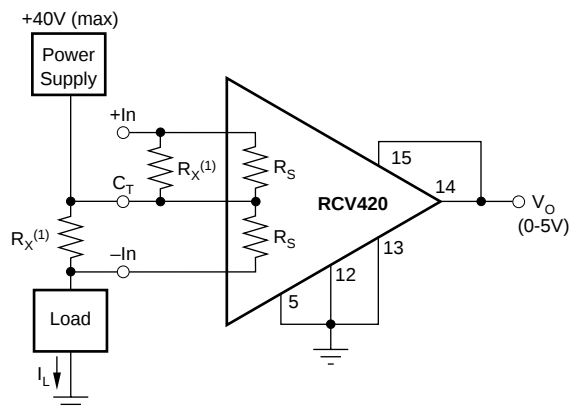
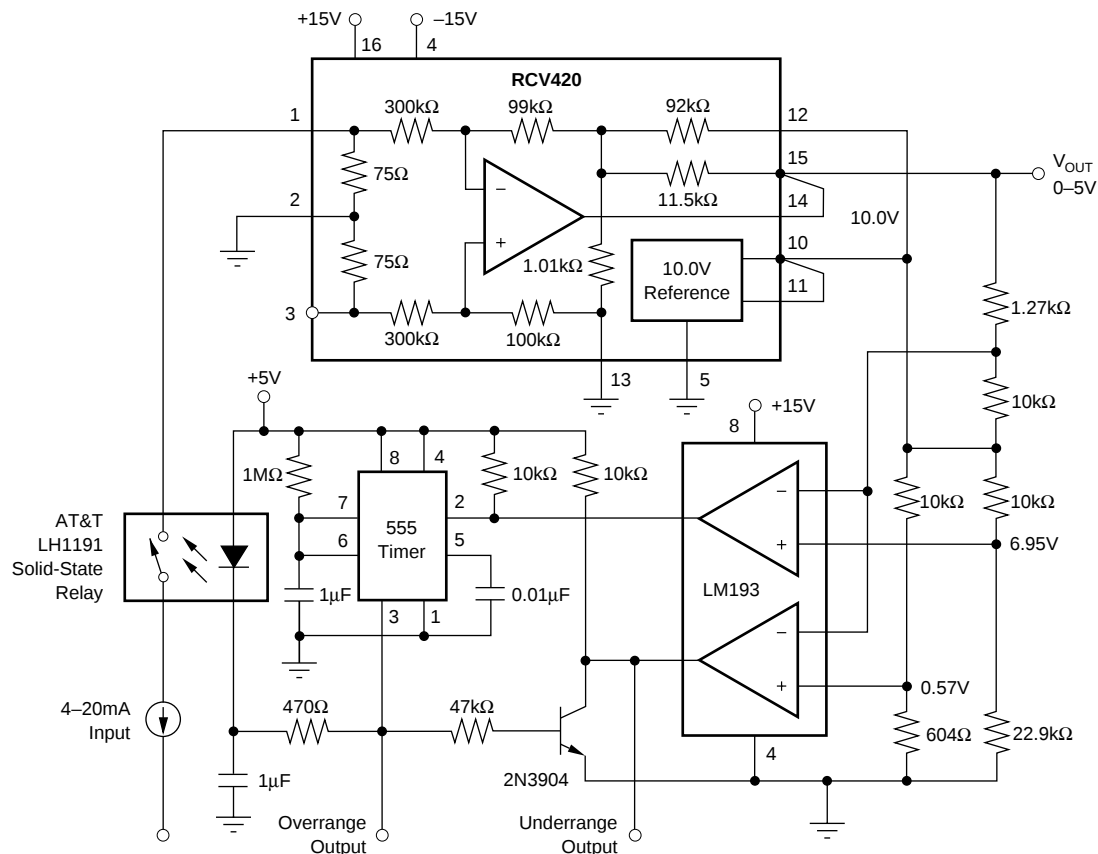
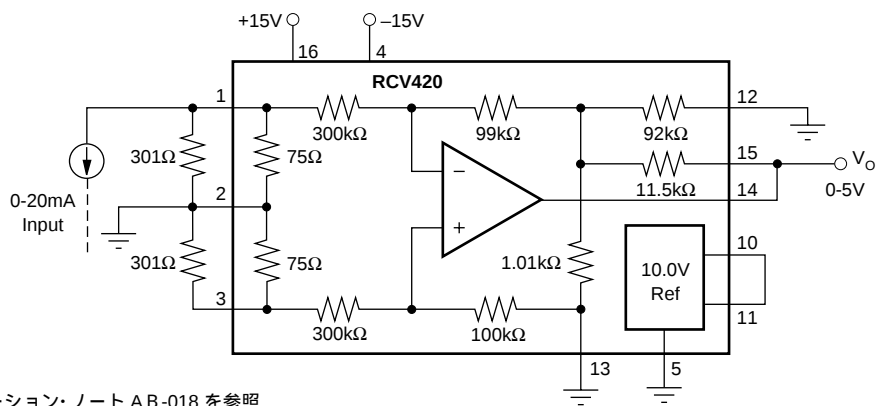


図13. 電源電流監視回路



詳細についてはアプリケーション・ノート AB-014 を参照

図14. 過入力保護付きの4-20mAカレント・ループ・レシーバ



詳細についてはアプリケーション・ノート AB-018 を参照

図15. RCV420を使用した0-20mA/0-5Vレシーバ

パッケージ番号180 - 16ピン・ハーチメック・シングル幅DIP

