

# 第 I 章 マイクロコントローラを活用した支援機器開発



# 第 I 章 マイクロコントローラを活用した支援機器開発

ここではマイクロコントローラと呼ばれる小さな制御用のコンピュータを用いるタイプの支援機器の開発について報告する。まず、The Wisconsin Assistive Technology Initiative (WATI) による評価シートを検討ツールに利用した研究協力機関への訪問調査、協力者会議などを経て、これまで研究段階にあった教材・教具、具体的には「低床型電動スクーター・ユニット」と「スクーター用コントローラ」、ひずみゲージを使用するための「簡易AD変換ユニット」、「呼吸センサーを用いた教材ユニット」について開発を行ったものである。

## (1) 「動きを体験する活動」を支援する機器の開発

・「低床型電動スクーター・ユニット」と「スクーター用無線コントローラ」

筋疾患のために移動が困難な小児への電動車いすの前段階に用いて効果のあった「低床型電動スクータ（棟方ら, 2003）」の改良タイプである。とりわけ大きな改良は、両輪の駆動部分を二つに分けてユニット化したことにある。このことにより木製のチェアなどに取り付けて使用することが可能となった。

### 開発の経緯

当時の研究の出発点は、本研究代表者への支援機器に関する依頼であった。筋疾患のため自ら移動することが極めて困難な幼児の2次障害を最小限にすることを目的に、自分の思った通りに動く、周囲を見る、移動するといった経験を可能にする乗用カートの提供が求められた。その当時に市販されていたスクータは米国の Enabling Devices 社が製作して、輸入販売されていたものであり、その機能は、外部からのスイッチ入力により「ゆっくりと前進する」というものであった。児童生徒に許された自由度は、前進をするタイミングのみで、日本での価格は20万円を越えていた。また、国内では、川崎・木下ら（2001）がDC 6V用ミニチュアリレーと汎用パワーリレーによるスイッチの入力を直接DCモータにつなげる設計により試作行っていたが、旋回角度や移動距離の制御を行うことができないものであった。そこで、マイクロコントローラと応答性が高くかつ高精度なアクチュエータを用いた「低床型電動スクータ」を開発した（棟方ら, 2003）。このスクータを用いながら、ICF（国際生活機能分類）による評価を行ったところ、d4402（「操作すること」）とd7104（「対人関係における合図」）は使用開始の2週間以降の評定において、d310（「話し言葉の理解」）は4週間後の評定で、さらに、d7100（「対人関係における敬意と思いやり」）とd7101（対人関係における感謝）は、8週間後の評定でICFに定義された「実行状況の能力評価点（第1評価点）」において困難度が一段階軽減した。担当PTのコメントとして「母親以外の人への関心が広がってきており、訓練室でも他の子どもやその子どものお母さんの方を見るようになってきた」（8週目）等により、その有効性が示唆された（棟方ら, 2003）。

本課題研究では、実際の学校や療育の場面において、さまざまな活用の形態が予測されること、また、制御の方式による装置の評価を目的として3タイプの装置の「低床型電動スクータ・ユニッ

ト」を試作した。それらを以下に述べる。

### スクータ用無線コントローラ

コントローラには、使用者が、そのニーズに応じて、様々なスイッチやセンサー等を接続してスクータを動かすことができるように配慮した。マイクロコントローラ (PIC16F84) により、それらボタン等の入力信号を得て、無線の送信モジュール (R. F. Solutions 社製 FM-RFQ1-315) から信号を送出する。前進、後退、右旋回、左旋回の4つの入力を判断して、そ

## 送信機(外観)

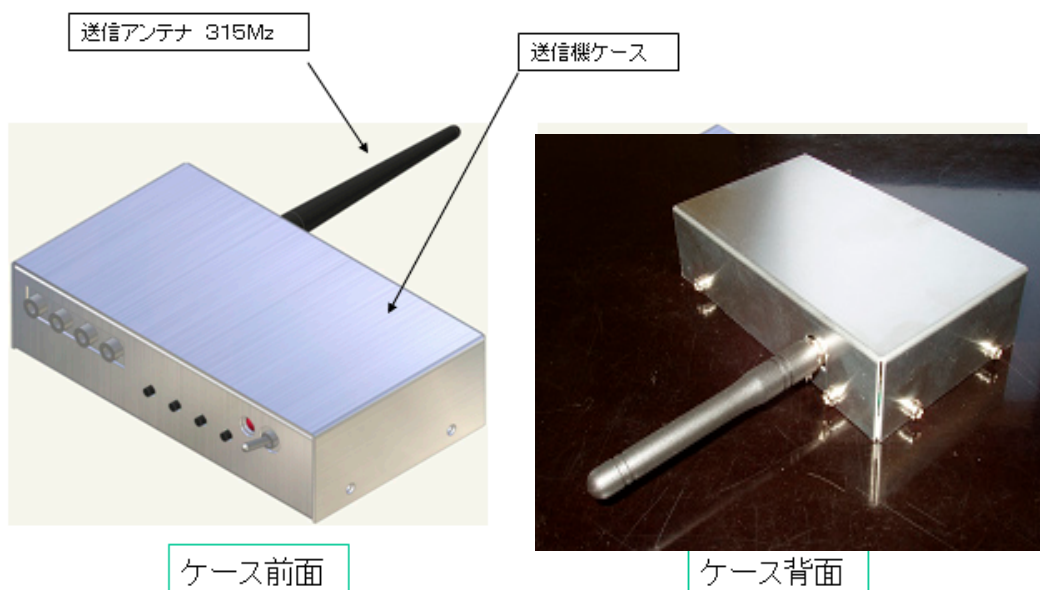


図1 送信機の外観

れぞれの番号をシリアル信号で送る。通信速度 4,800bps で送信するが、無線では、常に不必要な信号が飛び交うために、2バイト 16ビットの文字列を信頼性確保のために送っている。

送出されたデータは、スクータ・ユニットの受信モジュール (FM-RFQ1-315) が受信してマイクロコントローラ (PIC16F84 あるいは、BASIC Stamp II: BS2-IC) で信号を解読してステッピングモータ (日本サーボ製ユニポーラ2相ステッピングモータ KH56QM2-802) を制御するようになっている。

ケース前面に見えるコネクタは、市販のスイッチ等が接続可能なようにピンジャックとなっ

## 送信機(内部)

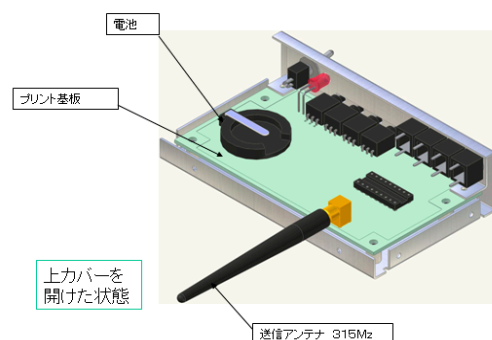


図2 送信機

ており、その横に、それぞれのスイッチを試験的に押すことができるように小型のプッシュスイッチが取り付けられている。その他には、電源スイッチと送信状態を確認するためのLEDが見える。内部は送信機（内部）図のようになっており、電池と制御用のマイクロコントローラ（PIC16F84）がセットされる。

回路図は、章末にある” PC-130B” 回路となっている。

### 低床型電動スクータ・ユニット

先に述べたように、とりわけ大きな改良点として、両輪の駆動部分を二つに分けたことが上げられる。木製のチェアや台座など、さまざまな物体に取り付けて使用することが可能である。第一のタイプは、モータ制御に市販の高出力モータドライバ（日本サーボ製2相ステップモータドライバ FSD2U2P12）を利用してある。回路図は、” PC-130E” である。左右二つでセットとなっている。ステップモータは安価な日本サーボ製ユニポーラ2相ステップモータ KH56QM2-802（最大静止トルク 13.0kgf・cm, 1.8度 /step）にRSコンポーネンツ製5:1ギヤボックスを装着している。車輪はシータスク社のマイクロマウス用車輪（シリコンゴムタイプ）

## 高出力モータドライバ用（右用）

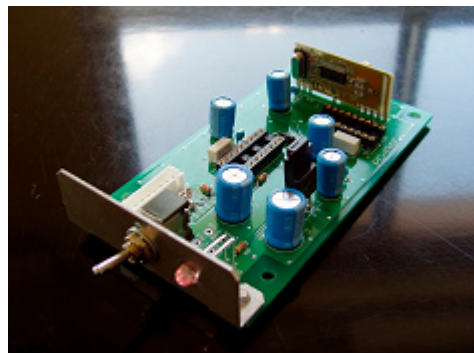
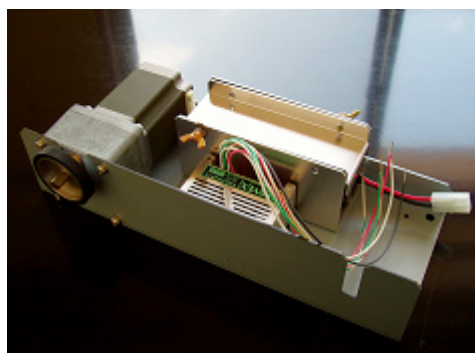
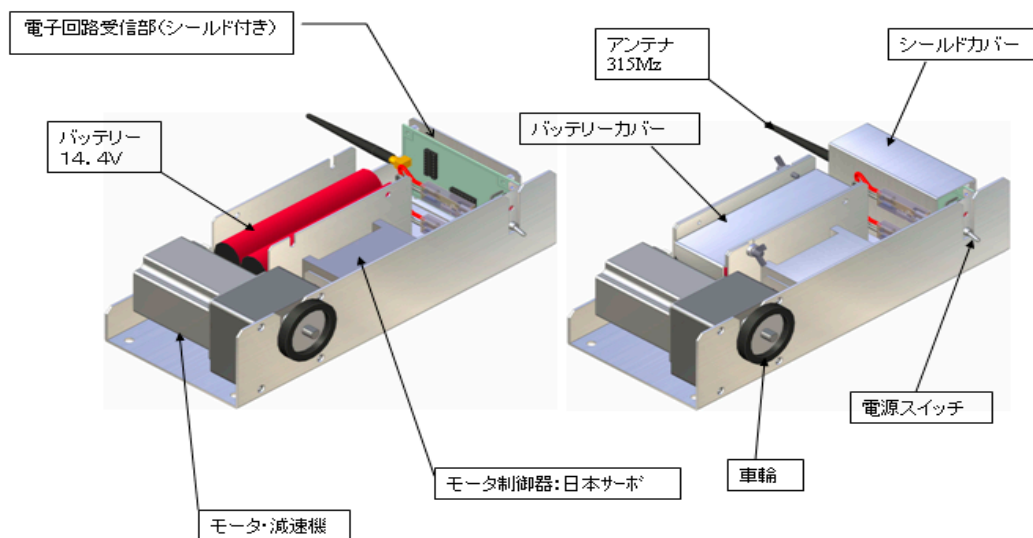


図3 スクータユニット（右は制御ボード）

を加工したものである。コントロール用のマイクロコントローラに PIC16F84 を二つ利用することで、無線コントローラからのシリアル信号の割り込み処理が可能となった。このため動作がスムーズとなり、旧タイプに比べて約7倍のスピードが得られている。

第二のタイプは、上記の日本サーボ製2相ステップモータドライバ FSD2U2P12 に代えて、サンケン電気社製 SLA7051M を組み込んで低価格化（ドライバ部分の費用を1/10程度となる）させた駆動部分である。同様に、左右二つでセットとなっている。安価で、かつコンパクトな設計が可能になった。回路図は、”PC-130F”である。

第三のタイプは、旧タイプと同じ低速であるが、上記の2機種に比べると、さらに低価格化（ドライバ部



図4 小型IC利用の制御ボード

## 小型高出力モータドライバ用(右用)

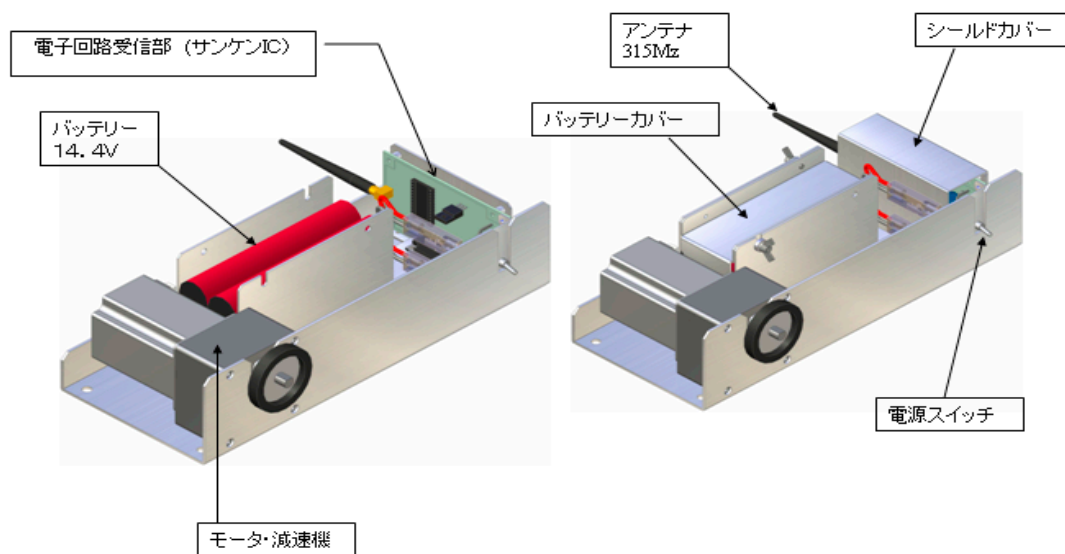


図5 小型IC利用のスクータユニット

分の費用は、サンケン製ICに比べると、さらに1/4以下程度となる）させた駆動部分である。同様に、左右二つでセットとなっている。回路図は、”PC-130D”である。



図6 トランジスタ利用の制御ボード



## 低速トランジスタ制御型(右用)

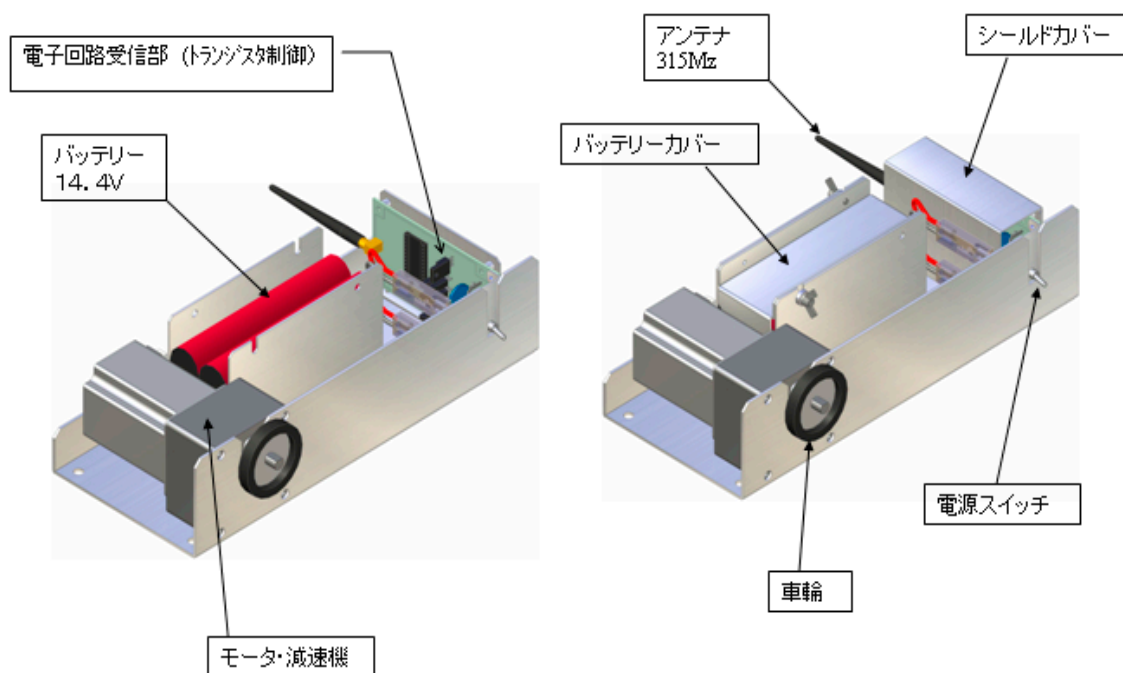


図7 トランジスタ利用のスクータユニット

以下に、実際の椅子等への取り付け例を示す。写真は、有菌製作所製ライダーチェアに取り付けた低床型電動スクータ・ユニット（第1次試作版）。

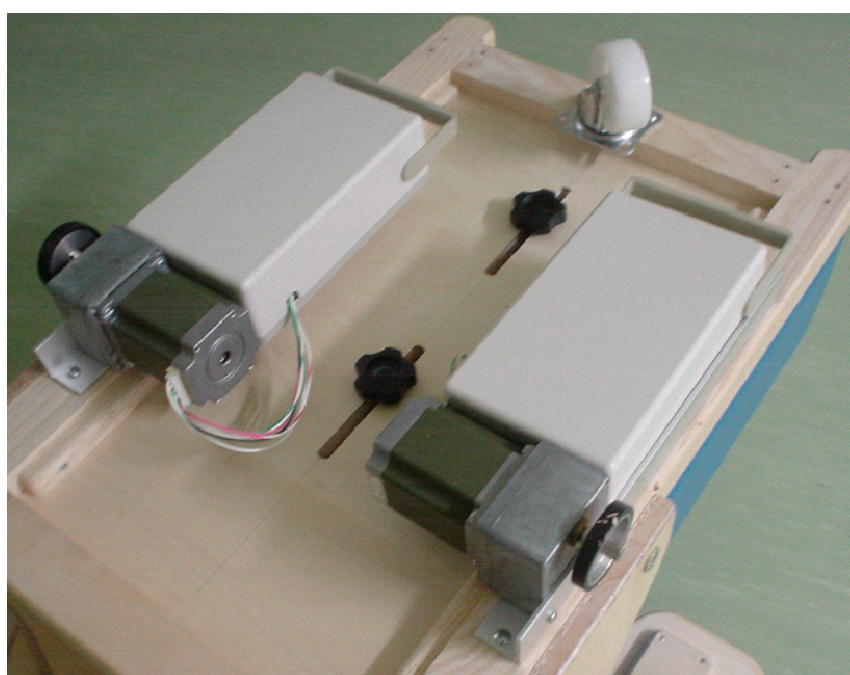


図8 スクータユニットの取り付け例

## (2) 「僅かな動きや呼気」を有効に活用する支援装置

本研究所では、これまで、僅かな動きで演奏可能なハンドベル演奏装置、歪みゲージを利用した入力装置を開発してきた。

・ひずみゲージを使用するための「簡易AD変換ユニット」

入力端子台には、歪みゲージを接続する。電源は、ACアダプターを利用する。歪みゲージから得られたアナログ信号をデジタル化してマイクロコントローラに取り込んで、プログラムに基づいて音情報などに変換して使用者にフィードバックを行う。内部回路のソケット部には、マイクロコントローラとAD変換チップが差し込まれる。今回の「簡易AD変換ユニット」は、持ち運びが簡便となっており、棟方・美帆・中村（2002）にあるようなアナログ的な入力の工夫を用いた教材・教具の工夫を一層進むものと期待される。

### 簡易AD変換ユニット(外観)

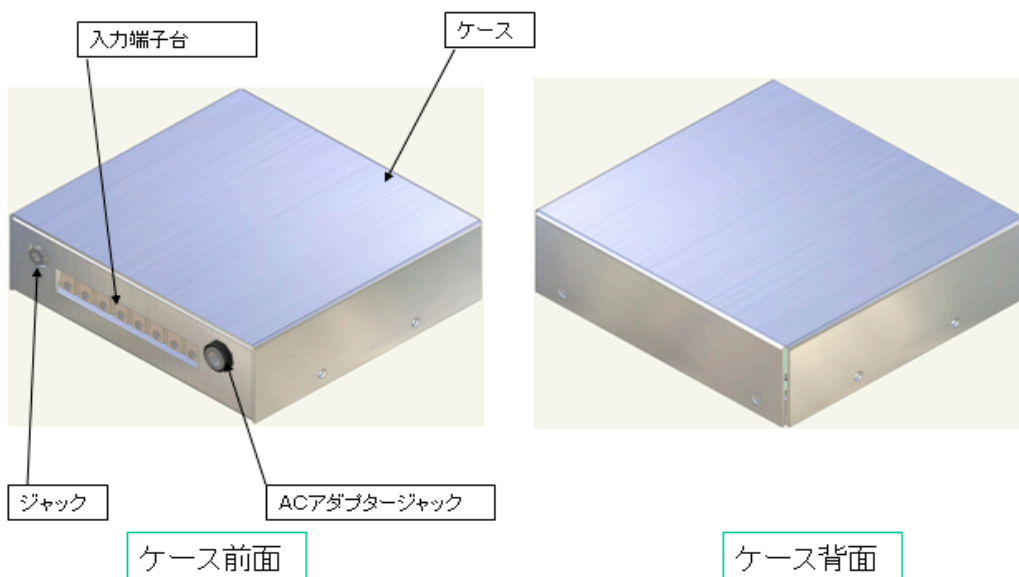


図9 装置の外観

### 簡易AD変換ユニット(内部)

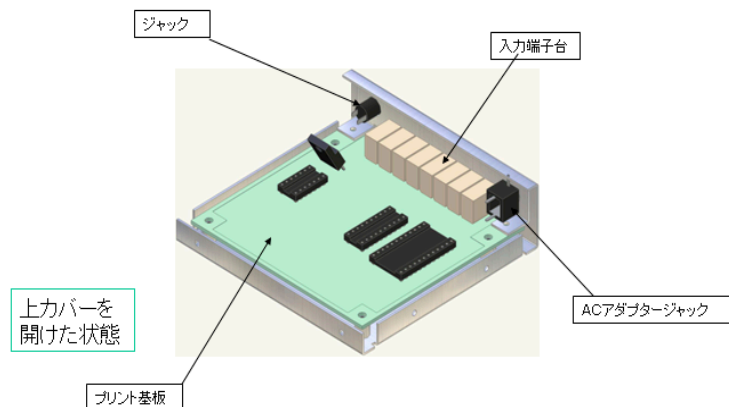


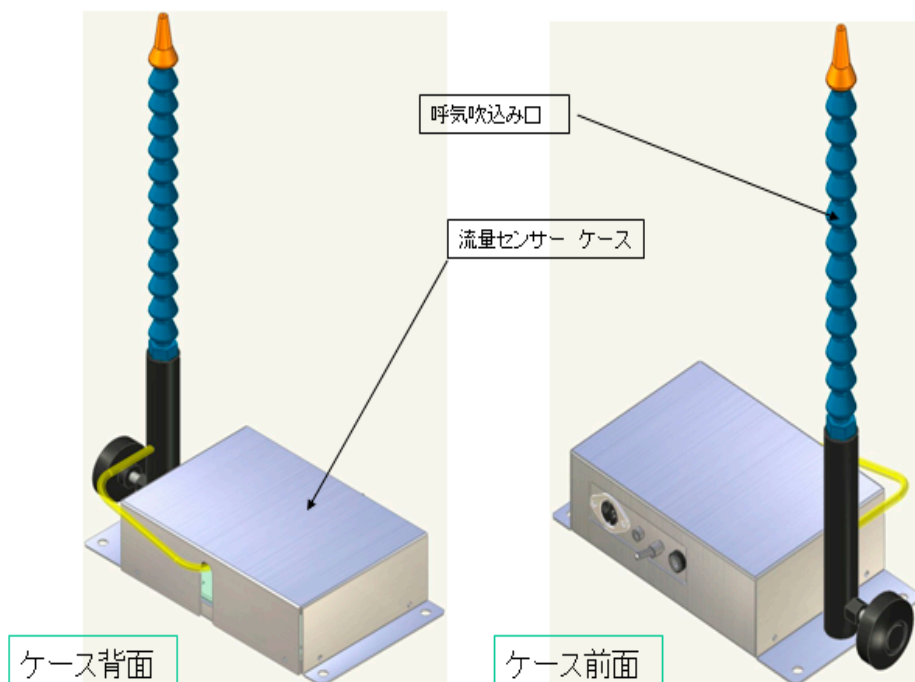
図9 装置の外観



・「呼気センサーを用いた教材ユニット」

今回は、流量センサーを用いた、音楽療法に利用するための教具となる。Honeywell社の流量センサーと安価な汎用オペアンプ、AD変換チップを活用して、僅かな呼気による流量をデータを、MIDIデータに変換して楽器演奏をするための専用コネクタを搭載している。また、動作流量をプログラムで設定することが可能であり、個に応じた呼気の強さでスイッチを操作するセンサーとして利用することが可能である。当初、流量センサーの必要なヒーターコントロール回路と差動アンプ回路には、デュアル汎用オペアンプLM358Mを使用した。アンプとヒータ用の回路がパッケージにされたAWM3300を利用することでAD変換装置のみで呼気入力装置が構成可能となっている。なお、流量は、最大で1,000sccm（1分間に1リットルの流量を表す。）である。これにより、呼気を利用した教材・教具としての利用範囲が広がると期待している。呼気センサーの呼気吹き込み口にはLOC-LINE社の加工機用冷却水供給ホースを用いている。こ

### 呼気センサーを用いた教材ユニット(外観)



れと同種の材料をパシフィックサプライ社の呼気スイッチが利用しており、優れた利用例と考えて今回の試作に利用した。(注：パ社の呼気スイッチは、その名の通り on/off スイッチであり、本試作のAD変換を用いた機能は持っていない。)



図10 装置の外観

## 呼気センサーを用いた教材ユニット(内部)

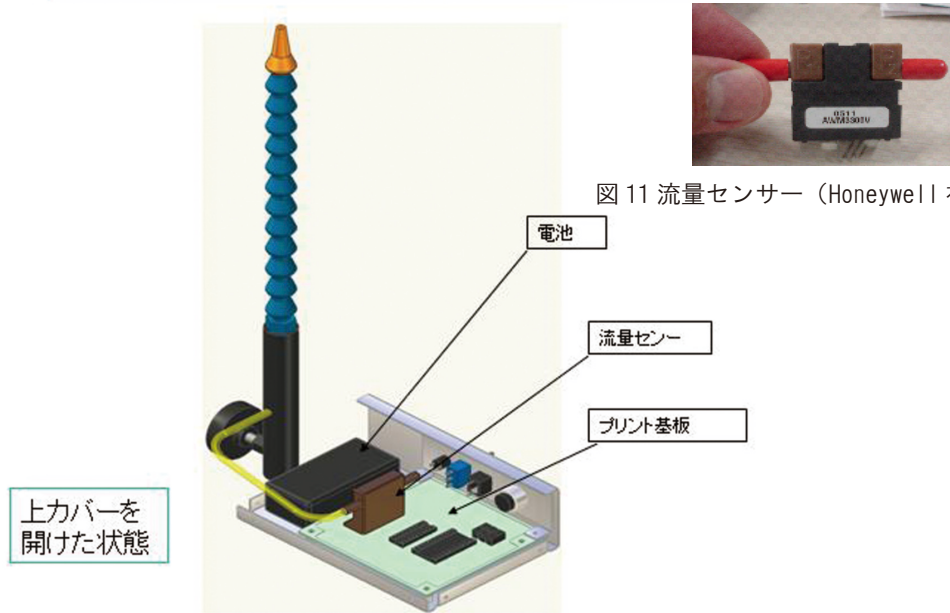


図 11 流量センサー (Honeywell 社 AWM3300)

図 12 呼気センサーユニット

## まとめ

ここで述べてきた装置については、今後、学校や療育の現場において活用が進むことで、さらなる改善の方策が明らかになると考えており、その意味で今回の開発研究は評価の途上であるといえる。その一方で、低床型電動スクーターや歪みゲージなど、これまで研究所の研究成果として、その有効性を確認している教材・教具や支援機器であり、今回の課題別研究によって回路基板の原型や専用ケースの設計を行うなど、量産等を念頭にいった開発を行ったことで、現場への普及が効果的に進むこと考えている。

## 文献等

- 1) 21 世紀の特殊教育の在り方に関する調査研究協力者会議：21 世紀の特殊教育の在り方について (最終報告), 2001.
- 2) 秋月電子通商：PIC ステッピングモータドライブキットマニュアル.
- 3) 社団法人 電子情報技術産業協会：こころリソースブック. こころ Web, Web ページ：<http://www.kokoroweb.org/main.html>, 2000-2002.
- 4) 世界保健機関 (WHO)：国際生活機能分類－国際障害分類改訂版－, 中央法規, 2002.
- 5) 福島勇：コミュニケーション訓練エイド. 子どものための AAC 入門, 安藤忠編, 182-225, 1998.

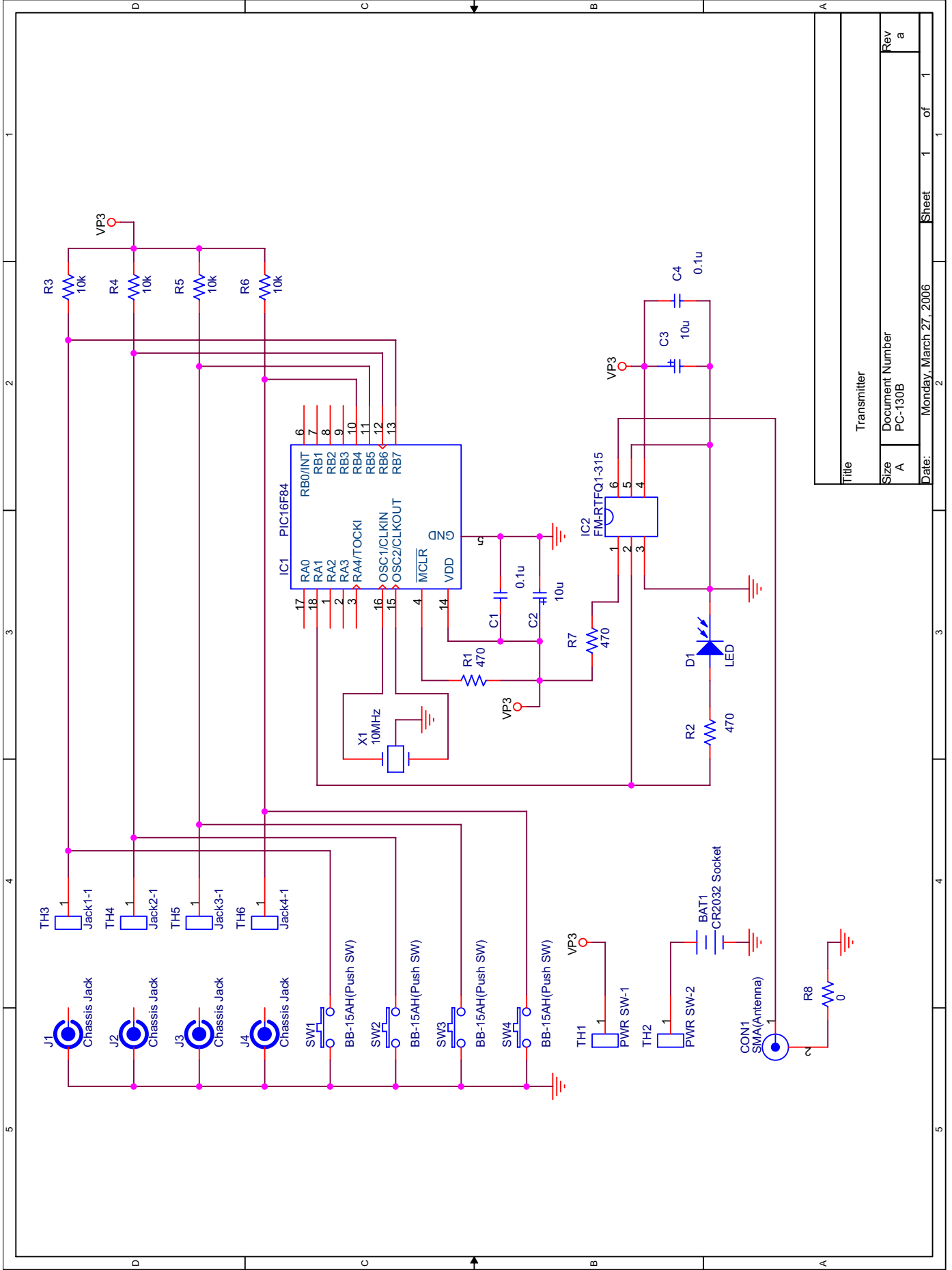
- 6) 福島勇, 塩田佳子: 続 デキルことを活かすシンプル・テクノロジー, こころリソースブック出版会, 1998.
- 7) 川崎義則, 木下正作: 養護学校における知的障害児の機能回復を目的とした自走車の開発, 論文集「高専教育」, 第 24 号, 127-132, 2001.
- 8) 木下正作, 川崎義則: 障害児の自立性と遊び心の助長を目的とする立位保持装置の開発, 第 17 回リハ工学カンファレンス講演論文集, 89-92, 2002.
- 9) 独立行政法人国立特殊教育総合研究所: 障害のある子どもたちのための情報機器設備ガイドブック, 独立行政法人国立特殊教育総合研究所, 2002.
- 10) 小松敬典: 肢体不自由養護学校での応答する環境の実践事例, 平成 12・13 年度プロジェクト研究教材教具の試作研究報告書「重度・重複障害児のための「応答する環境」の開発についての実際研究」, 45-54, 2002.
- 11) 宮崎県立清武養護学校 (小学部Ⅲ課程): 重度重複障害児の「発信する力」や「選択する力」を広げる指導方法の在り方～マルチメディア (AAC アプローチ) などの活用を通して～, 平成 12・13 年度文部科学省・県教育委員会指定「マルチメディアを活用した補充指導についての調査研究」研究報告書, 59-84, 2002.
- 12) 棟方哲弥, 美船俊介, 中村 均: ひずみゲージを用いた応力感知型押下スイッチの開発ー重度重複障害児のコミュニケーション活動の支援を目的としてー, 国立特殊教育総合研究所研究紀要第 29 巻, 33-42, 2002.
- 13) 文部科学省: 情報教育の実践と学校の情報化ー新「情報教育に関する手引き」ー, 2002.
- 14) Musselwhite, Caroline Ramsey: Adaptive Play for Special Needs Children, Tylar & Francis Ltd. , 1986
- 15) 日本サーボ株式会社: KH シリーズハイブリッド型ステッピングモータ&ドライバマニュアル.
- 16) 額田和憲: 重度・重複障害児の意思表示の力を育てる支援の在り方について～前言語的段階にある児童とのかかわりを通して, 岡山県教育センター研修員研究報告書, 131-136, 1998.
- 17) 利島 保, 中邑賢龍: 障害者のための小さなハイテク, 福村出版, 1986.
- 18) 山本修子: 電動スクータボード, 平成 12・13 年度プロジェクト研究教材教具の試作研究報告書「重度・重複障害児のための「応答する環境」の開発についての実際研究」 3-2 卒業後の通所施設における実践事例, 53-54, 2002
- 19) 棟方哲弥: 筋疾患により具体物の操作や姿勢の変換が困難な子どもへの支援技術の開発ーマイクロコントローラとステッピングモータを用いたハンドベル演奏装置と低床電動スクータの開発を通じてー国立特殊教育総合研究所研究紀要第 30 巻, 9-23, 2003.



## 回路图

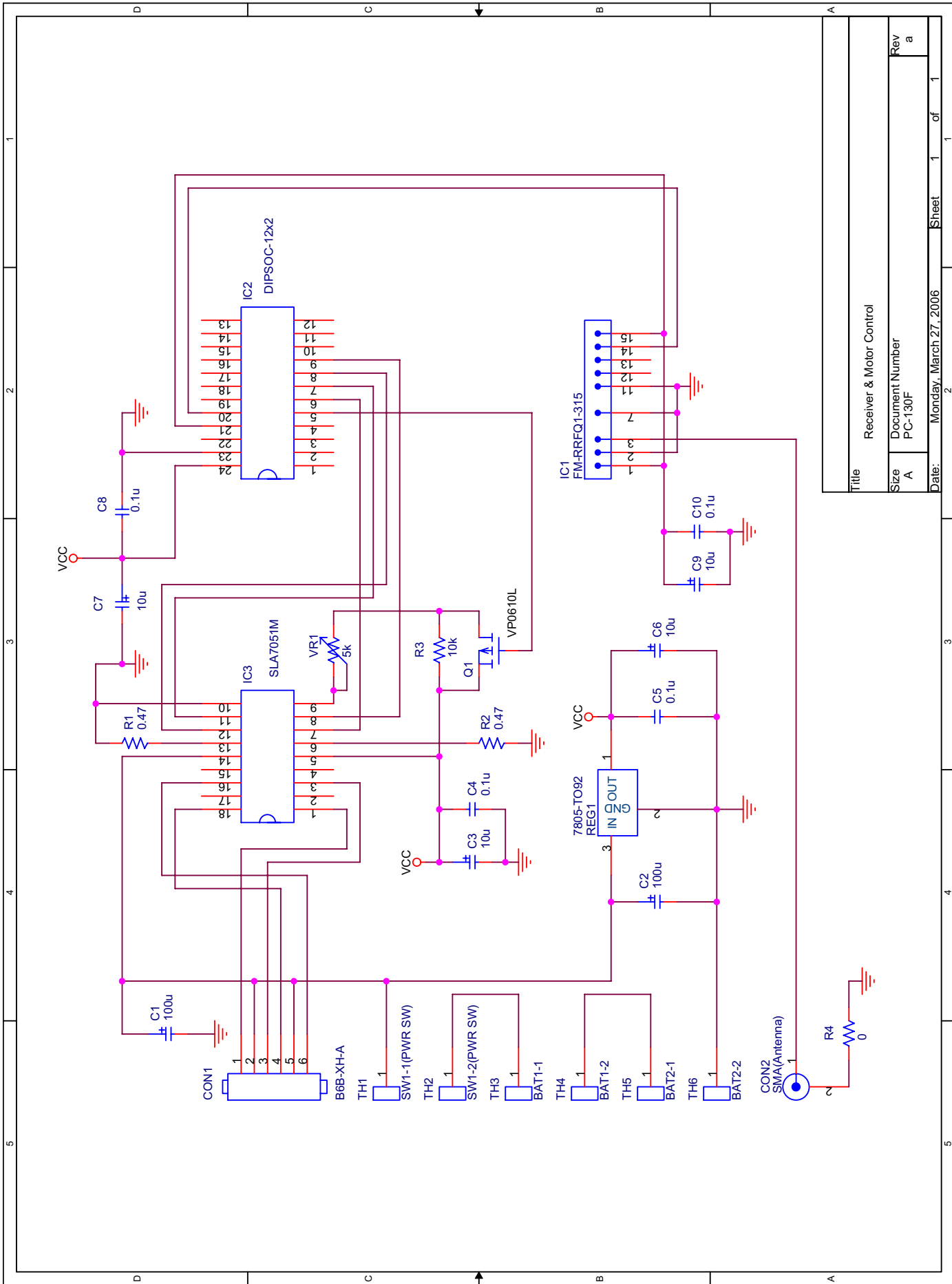






Title		Transmitter	
Size	A	Document Number	PC-130B
Date:	Monday, March 27, 2006	Sheet	1 of 1





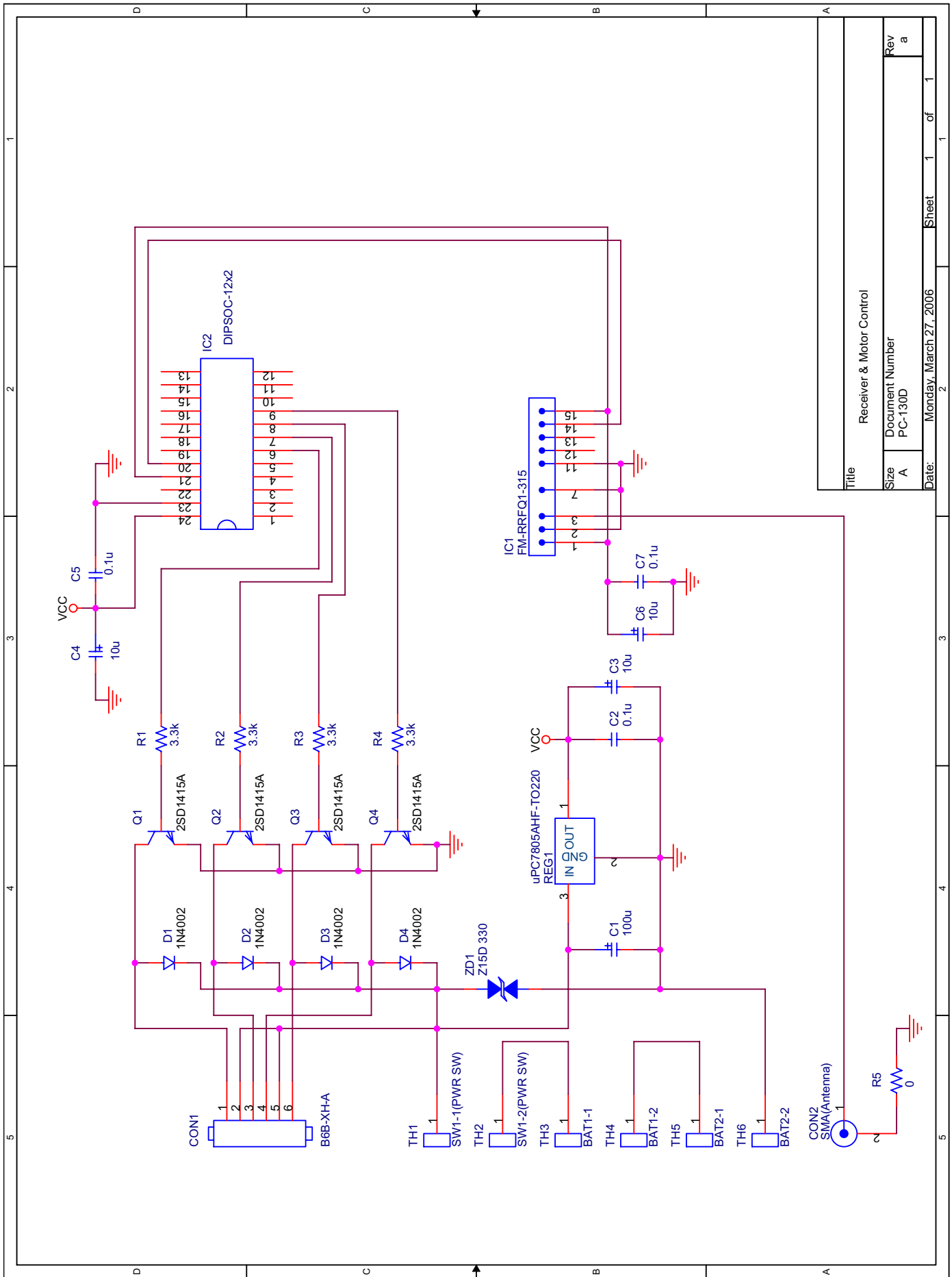
Title		Receiver & Motor Control	
Size	A	Document Number	PC-130F
Rev	a	Date:	Monday, March 27, 2006
Sheet		1 of 1	

1 2 3 4 5

D C B A

D C B A

1 2 3 4 5



Title		Receiver & Motor Control	
Size	A	Document Number	PC-130D
Rev	a	Date:	Monday, March 27, 2006
		Sheet	1 of 1

1 2 3 4 5

D C B A

DIPSOC-12x2

IC2

IC1 FM-RRFQ1-315

uPC7805AHF-TO220

REG1

IN OUT

VCC

C4 10u

C5 0.1u

R1 3.3k

R2 3.3k

R3 3.3k

R4 3.3k

Q1 2SD1415A

Q2 2SD1415A

Q3 2SD1415A

Q4 2SD1415A

D1 1N4002

D2 1N4002

D3 1N4002

D4 1N4002

ZD1 Z15D330

C1 100u

C2 0.1u

C3 10u

C6 10u

C7 0.1u

CON1

B6B-XH-A

TH1 SW1-1(PWR SW)

TH2 SW1-2(PWR SW)

TH3 BAT1-1

TH4 BAT1-2

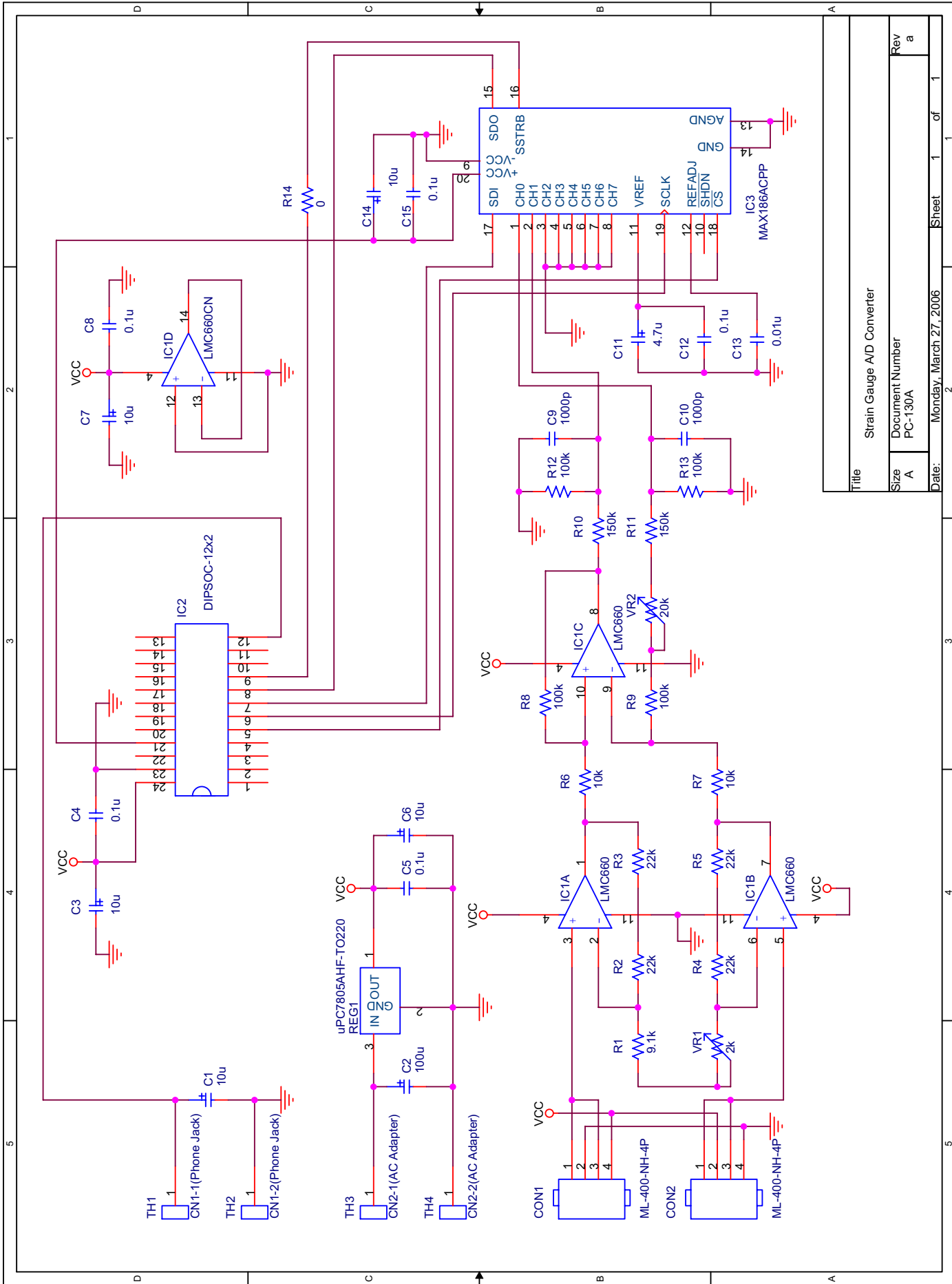
TH5 BAT2-1

TH6 BAT2-2

CON2 SMA(Antenna)

R5 0

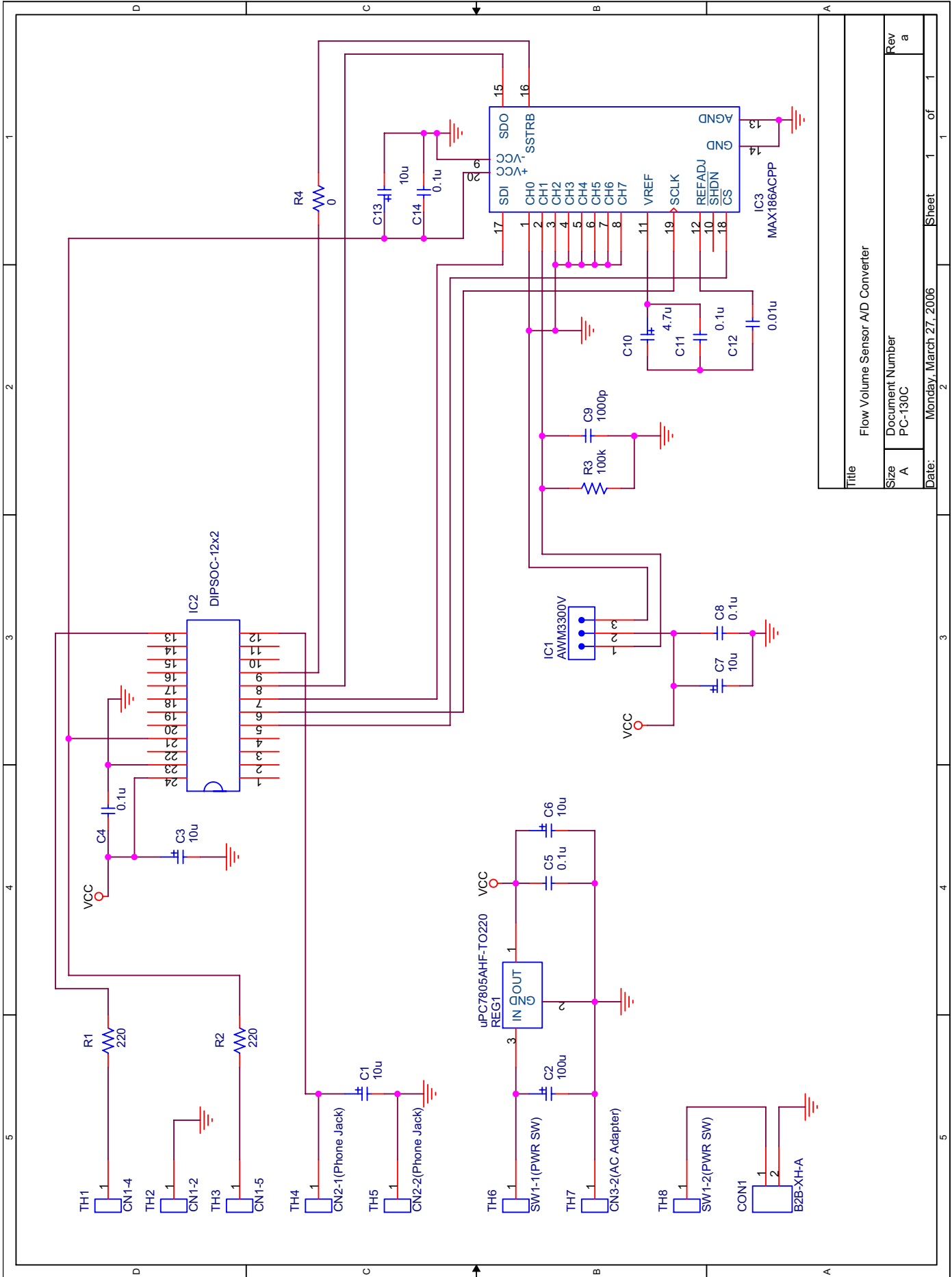




Title		Strain Gauge A/D Converter	
Size	A	Document Number	PC-130A
Date:	Monday, March 27, 2006	Sheet	1 of 1

1 2 3 4 5

1 2 3 4 5



Title		Flow Volume Sensor A/D Converter	
Size	Document Number		
A	PC-130C		
Date:	Monday, March 27, 2006	Sheet	1 of 1

1 2 3 4 5

D C B A

D C B A