

鉛フリーはんだ付け技術（挿入実装編）

関東職業能力開発大学校

平成28年6月27日（月）

目次

1	手はんだに共通な事柄	1
1.1	接合温度とこて先温度	1
1.2	接合部の熱容量とこて先の熱容量およびこて先温度の関係	1
1.2.1	接合部の熱容量が小さい場合	1
1.2.2	接合部の熱容量が大きい場合	1
1.3	はんだ付け作業の基本	2
1.3.1	こて先のあて方	2
1.3.2	糸はんだの持ち方	2
1.3.3	ヒートブリッジの作り方	3
1.3.4	手はんだの作業手順	3
2	挿入実装	5
2.1	クリンチ実装	5
2.1.1	安全上の注意	5
2.1.2	予備はんだ用の治具をつくる	5
2.1.3	リード線のクリーニング	6
2.1.4	リードの予備はんだ	7
2.1.5	リードの成形	8
2.1.6	はんだ付け	12
2.1.7	フラックスの洗浄	12
2.1.8	外観検査	14
2.2	ストレート実装（セラミックコンデンサ）	15
2.2.1	安全上の注意	15
2.2.2	リード線のクリーニング	15
2.2.3	リードの予備はんだ	16
2.2.4	ストレスレリーフの形成	17
2.2.5	はんだ付け	19
2.2.6	フラックスの洗浄	19
2.2.7	外観検査	19
2.3	ストレート実装（DIP IC）	20
2.3.1	安全上の注意	20
2.3.2	フラックスの塗布	20
2.3.3	リードの成形	20
2.3.4	DIP IC の挿入	21
2.3.5	仮付け	21
2.3.6	本付け	22
2.3.7	フラックスの洗浄	22
2.3.8	外観検査	22

1 手はんだに共通な事柄

1.1 接合温度とこて先温度

はんだ付けにおける接合部の温度は下記の条件を満たすことが必要である。

$$\text{はんだの融点} + 10^{\circ}\text{C} \leq \text{最適な接合部の温度} \leq \text{部品の耐熱温度} \quad (1)$$

しかし、手はんだの場合には、こて先からはんだ付け接合部までの熱伝導を考慮して、こて先温度は最適な接合部の温度より、かなり高くする必要がある。目安として下記のように考えるとよい。

$$\text{こて先温度} \approx \text{はんだの融点} + 100^{\circ}\text{C} \quad (2)$$

1.2 接合部の熱容量とこて先の熱容量およびこて先温度の関係

接合部の熱容量が大きい場合、こて先の設定温度が同じならば、こて先の熱容量が大きいほど短時間で最適な接合温度に達し、熱容量の小さなこて先では、最適な接合温度に達するまでの時間が長くなるか、または、最適な接合温度まで加熱することができない。

同様に接合部の熱容量が大きい場合、こて先の熱容量が同じならば、こて先の温度が高いほど短時間で最適な接合温度に達し、こて先の温度が低いほど、最適な接合温度に達するまでの時間が長くなるか、または、最適な接合温度まで加熱することができない。

即ち、接合部の熱容量に対する、こて先の選定とこて先温度の設定はそれぞれ下記の3とおりが考えられるが、鉛フリーはんだの場合、特に下記1のこて先の熱容量を重視すると良い結果が得られやすい。

1.2.1 接合部の熱容量が小さい場合

1. 熱容量の小さなこて先を選ぶ
2. こて先温度を低くする
3. 上記 a, c を併用する

1.2.2 接合部の熱容量が大きい場合

1. 熱容量の大きなこて先を選ぶ
2. こて先温度を高くする
3. 上記 a, c を併用する

1.3 はんだ付け作業の基本

1.3.1 こて先のあて方

熱を効率よく接合部に伝えるためには、こて先のあて方を考える必要がある。

1. 接合部とこて先の接触面積を意識する
2. こて先の接触角度を意識する

1.3.2 糸はんだの持ち方

糸はんだには連続作業に適した持ち方と、断続作業に適した持ち方がある。

1. 連続作業に適した持ち方

溶融により、指先の糸はんだが短くなっても、新しい糸はんだを連続的に送り出すことができる持ち方である。

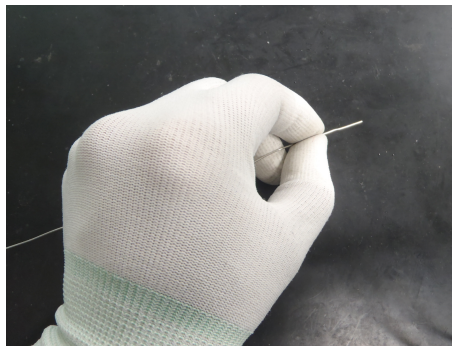


図 1: 連続作業に適した持ち方

2. 断続作業に適した持ち方

糸はんだ先端を位置決めしやすいが、溶融により指先の糸はんだが短くなると、新しい糸はんだを送り出すことはできない持ち方である。

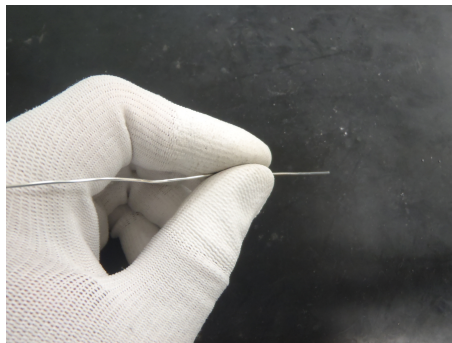


図 2: 断続作業に適した持ち方

1.3.3 ヒートブリッジの作り方

はんだ付け接合部とこて先は共に固体であり、その表面をミクロ的に見れば決して平面ではない。それ故、こて先と接合部の間に、少量の溶融はんだ（これをヒートブリッジという）をつくり、これを介して効率よく熱を伝えることが肝要である。

こて先を部材にあててからごく少量のはんだをこて先に供給する方法

1. こて先を掃除する
2. 接合部にこて先をあてる
3. こて先にごく少量のはんだを供給する

予めごく少量のはんだをこて先に溶融させておく方法

1. こて先を掃除する
2. 接合部にはんだボールが飛ばない位置で、ごく少量のはんだをこて先に溶融させる
3. 溶融したはんだが接合部に接触するようにこて先をあてる

1.3.4 手はんだの作業手順

手はんだの作業手順は以下のとおりである。こて先を接合部にあてた後は、はんだ付け作業が終わるまで、絶対にこて先を放してはならない。ただし、糸はんだは供給量を調整するために、数回に分けて供給してもよい。

1. 接合部をよく観察する

接合部の（複数の）部品を短時間で同じ温度にするには、どこに、どのような角度でこて先をあてればよいかを考える。

2. こて先を掃除する

はんだ付けの直前に、こて先を掃除する。（この工程の直後にヒートブリッジをつくる方法もある）

3. こて先を接合部に当てる

4. ヒートブリッジをつくる

こて先にごく少量の糸はんだを供給し、ヒートブリッジをつくる。ヒートブリッジの働きにより、接合部に効率よく熱が伝えられる。

5. わずかな時間だけ待つ

こて先から最も遠い箇所がはんだの融点に達するまで待つ

6. 糸はんだを供給する

こて先から最も遠い（最も温度が低そうな）箇所に糸はんだを供給する。溶融はんだは、最も温度の高いこて先へ向かって流れる性質がある。この性質を利用して、“ぬれ”を促進する。（はんだはお熱いのが好き）

7. 糸はんだを引く

溶融はんだの量が適正になったら（数回に分けて供給してもよい）、糸はんだを引く。

8. 一呼吸待つ

溶融はんだがぬれ広がり、フィレットが形成されるまで待つ。慣れてくると、落ちてぬれ広がる様子を観察できる。

9. こてを引く

クリンチ実装とストレート実装の場合、こてを引く方向とパターン面が浅い角度となるように手前に引く。DIP IC の場合はパターン面と垂直方向に糸はんだとこてを同時に上方へ引くとよい。

2 挿入実装

2.1 クリンチ実装

2.1.1 安全上の注意

- 作業時は保護眼鏡を着用のこと（特にはんだ付け時とリード切断時）
- 予備はんだ後のヒートシンクは熱くなるので、取り外す際は手袋を着用すること

2.1.2 予備はんだ用の治具をつくる

紙テープでヒートクリップを木片に固定する

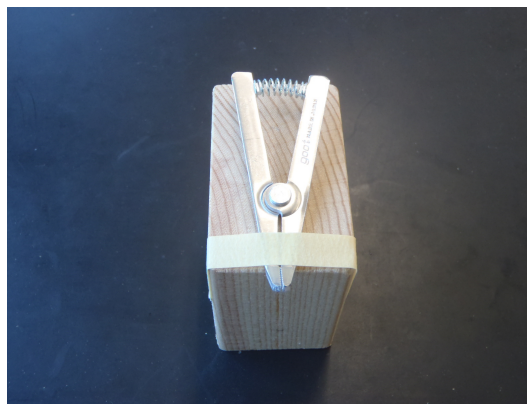


図 3: 予備はんだ用の治具をつくる

2.1.3 リード線のクリーニング

1. 紙ウェスを折りたたみ、アルコールを含ませる



図 4: 紙ウェスにアルコールを含ませる

2. アルコールを含ませた紙ウェスでリード線をクリーニングする

リードの部品側からリード端部へ向かって、部品を回転させながらクリーニングし、油分を取る。

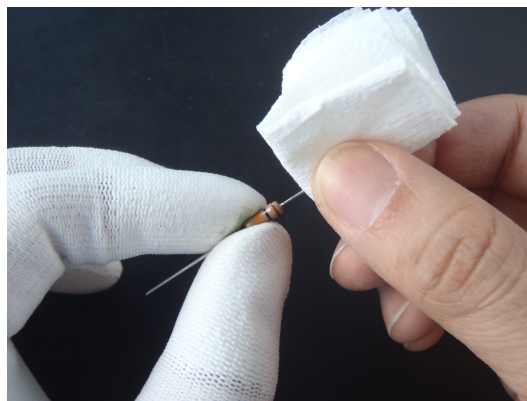


図 5: 紙ウェスでリード線を拭く

2.1.4 リードの予備はんだ

1. 予備はんだを行うリードが手前に下がるように部品を固定する

予備はんだを行うリードの最も部品本体に近いところをヒートクリップで挟む



図 6: 部品を固定する

2. ヒートシンクにこて先が当たらないように注意しながらも、なるべくヒートクリップに近い場所へリード下方よりこて先を当てる。
3. 玉状になるまで、糸はんだを供給し 5 秒間数える

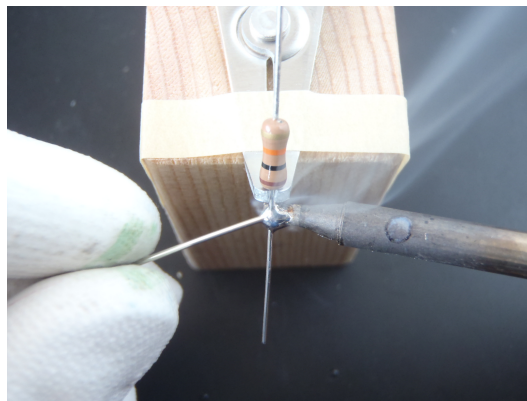


図 7: 糸はんだをタツプリ供給する

4. 常に新しい糸はんだを供給しながら、こて先と糸はんだをリード先端へ滑らせる
5. 予備はんだが終わったら直ちにアルコールを含ませた紙ウェスでリードを掃除する

2.1.5 リードの成形

1. 部品の定格表示を確認し、リードを曲げる方向を決める（ヒューズなど）
2. スルーホールの間隔を確認する

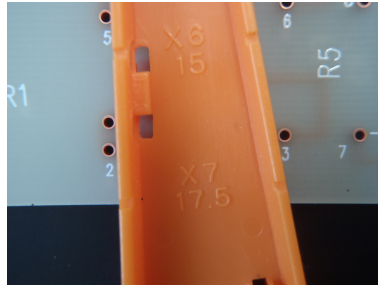


図 8: スルーホールの間隔を確認する

3. 部品をリードベンダの中央に配置する

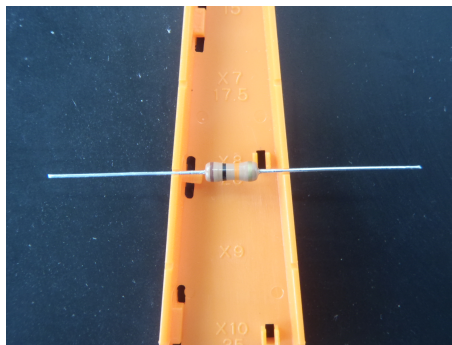


図 9: 部品をリードベンダの中央に配置する

4. リードを直角に曲げる このとき、横から見ても 2 本のリードが直角になるように

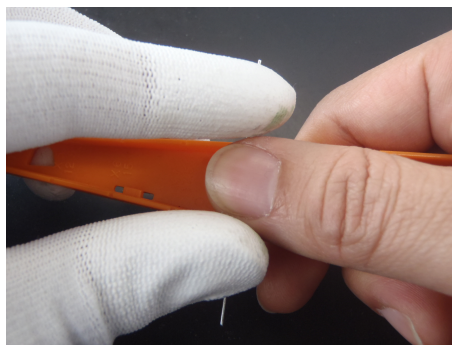


図 10: リードを直角に曲げる

注意する。

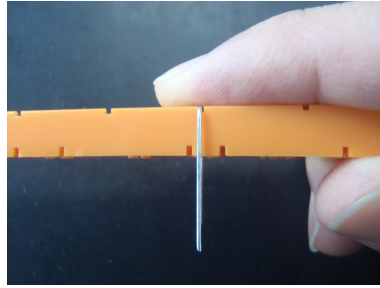


図 11: 横から見ても 2 本のリードは直角

5. 部品の取り付け方向を確認し、部品をスルーホールへ挿入する

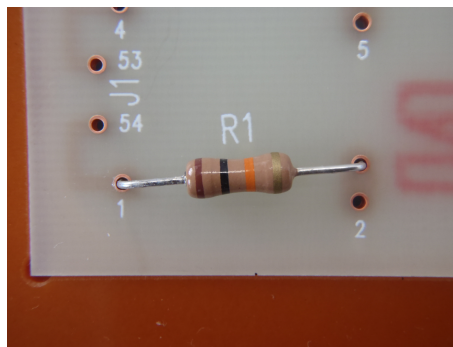


図 12: 部品をスルーホールへ挿入する

6. 部品を指で押さえながら、基板を裏返す
7. リードの先端を精密プライヤまたはラジオペンチで挟む

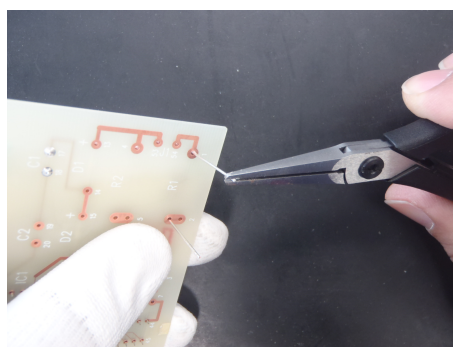


図 13: リードの先端を精密プライヤで挟む

8. 精密プライヤまたはラジオペンチを回転させずにリードを曲げる

このように工具を使用すると、スルーホールのエッジで綺麗にリードが折れ曲がる。

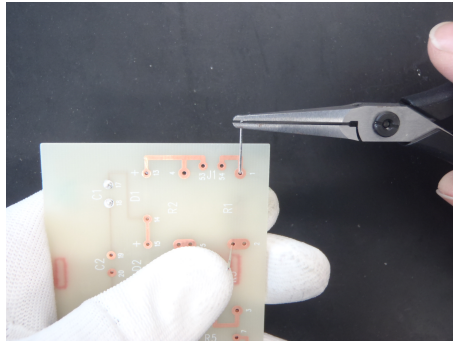


図 14: リードを曲げる

9. 基板とリードの角度が 15° ～ 20° になるまでリードを曲げる

リードが基板に接するまで曲げると、ニッパでリードを切断する際にパターンを傷つけてしまう。

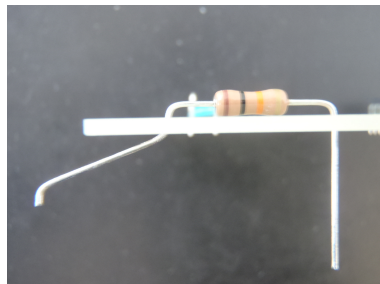


図 15: リードを曲げる

10. 目的の長さより長めにリードを 45° の角度で切断する

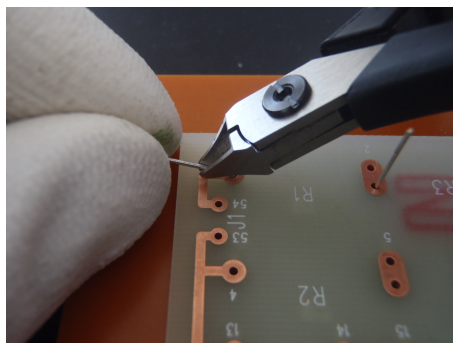


図 16: リードを長めに切る

11. 切断後の長さを確認しながら、再度 45°の角度で切断し、目的の長さに仕上げる
リードの破片が飛ばないように、リードの先端を指で押さえながら切断すること。

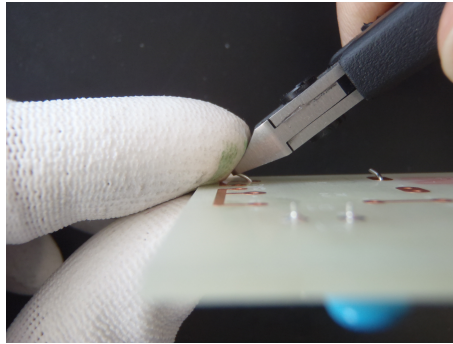


図 17: リードを所定の寸法に切る

12. リードスティックでリードをパターンに密着させる
リードスティックがない場合は、パターンを傷つけないように身近なプラスチック製品で代用する。

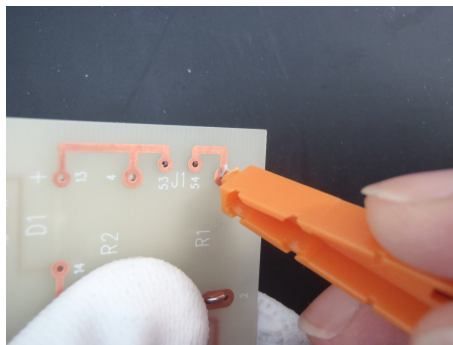


図 18: リードをパターンに密着させる

13. リード成形の完成

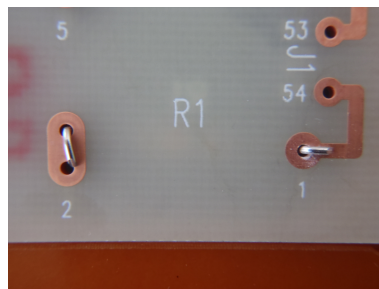


図 19: リード成形の完成

2.1.6 はんだ付け

1. 回路パターンが奥、ランドが手前になるように基板を配置する
2. こて先をクリーニングする
3. こて先をスルーホール近辺のリードとパターンを同時に加熱できる場所へ当てる
4. このとき、こて先と基板の角度は 45° を基準とするが、パターンとリードの熱容量を想像しながら調整する
5. こて先にごく少量の糸はんだを供給し、ヒートブリッジをつくる
6. (スルーホールにはんだを流し込む)
7. リードの切り口に糸はんだを供給し、”赤目”をつぶす
8. こて先から最も遠いランド外周部(ランドの奥)に糸はんだを供給し、溶融はんだの量を確認しながら、糸はんだを手前に移動し引く、
9. フィレットが形成されるまで、一呼吸待ち、こて先を手前に引く
10. こて先保護のため、こて先に少量のはんだを溶かしてから、こて台に戻す

2.1.7 フラックスの洗浄

顕微鏡による外観検査ではんだ付け部の形状がよく見えるように、フラックスを洗浄する。はんだ付け箇所のフラックスが軟化している間に、アルコールを含ませたブラシで部品面とはんだ面のフラックスを洗浄する。特に部品面のフラックスは残渣が残りやすいので、いろいろな角度からブラシを当てること。ブラシで物理的に掃除するのではなく、アルコールという溶剤でフラックスを溶かす気持ちで作業すること。

1. ブラシにアルコールを含ませる

毛先が傷まないように横向きにして、アルコールを含ませる。



図 20: ブラシにアルコールを含ませる

2. はんだ面をブラシで洗浄する

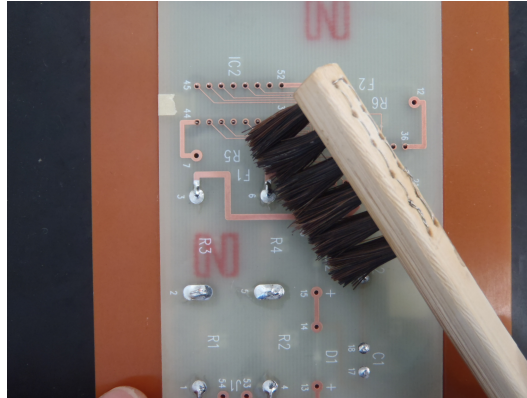


図 21: はんだ面の洗浄

3. 紙ウェスでアルコールを拭き取る

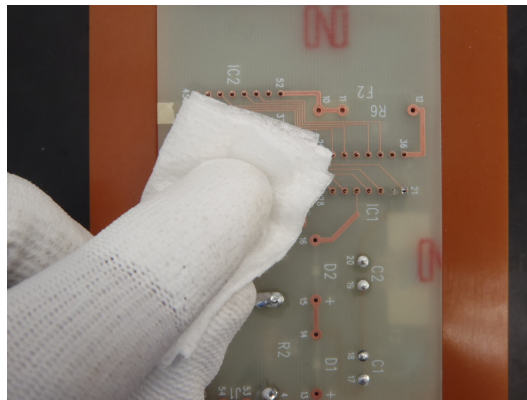


図 22: アルコールの拭き取り

4. 部品面をブラシで洗淨する

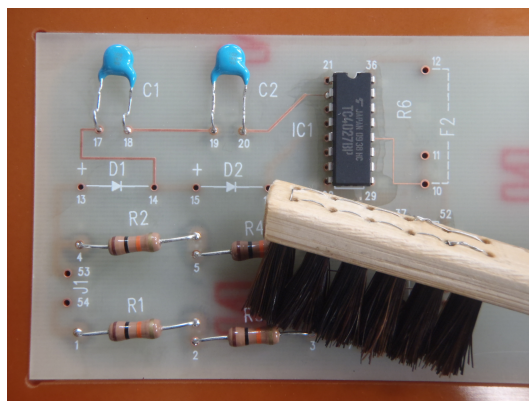


図 23: 部品面の洗淨

5. 紙ウェスでアルコールを拭き取る

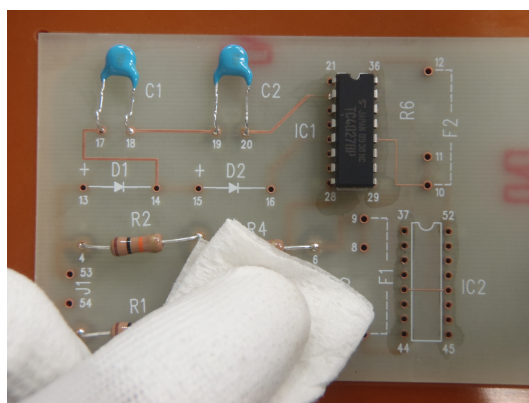


図 24: アルコールの拭き取り

2.1.8 外観検査

ステレオ顕微鏡（10倍）を使い、いろいろな角度から立体的に観察し、良否判定を行うこと。

2.2 ストレート実装（セラミックコンデンサ）

2.2.1 安全上の注意

- 作業時は保護眼鏡を着用のこと（特にはんだ付け時とリード切断時）
- 予備はんだ後のヒートシンクは熱くなるので、取り外す際は手袋を着用すること

2.2.2 リード線のクリーニング

1. 紙ウェスを折りたたみ、アルコールを含ませる



図 25: キムワイプにアルコールを含ませる

2. アルコールを含ませた紙ウェスでリード線をクリーニングする

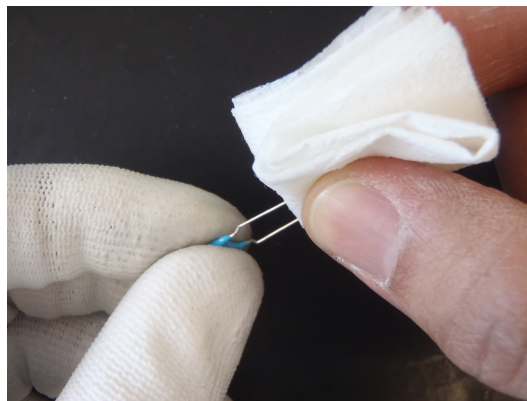


図 26: 紙ウェスでリード線を拭く

2.2.3 リードの予備はんだ

1. 予備はんだを行うリードが手前に下がるように部品を固定する
予備はんだを行うリードの最も部品本体に近いところをヒートシンクで挟む

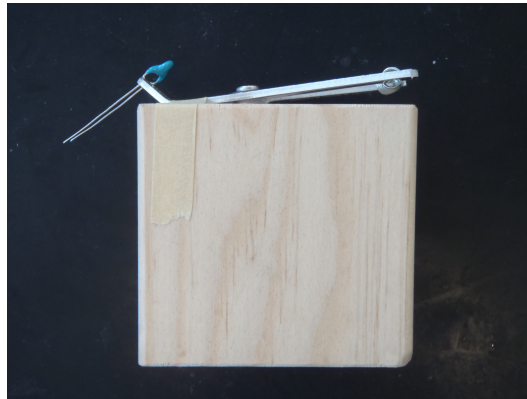


図 27: 部品を固定する

2. ヒートシンクにこて先が当たらないように注意しながら、なるべくヒートシンクに近い場所へリード下方よりこて先を当てる。
3. 玉状になるまで、糸はんだを供給し 5 秒間数える

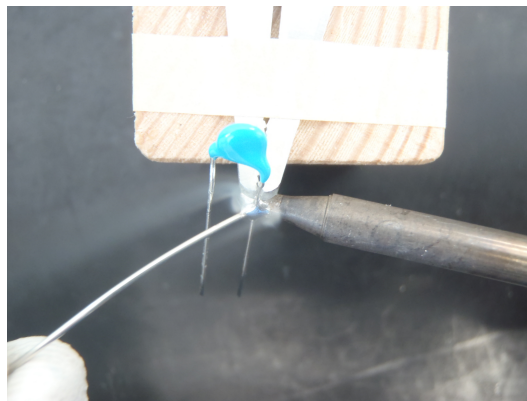


図 28: 糸はんだをタツプリ供給する

4. 常に新しい糸はんだを供給しながら、こて先と糸はんだをリード先端へ滑らせる
5. 予備はんだが終わったら直ちにアルコールを含ませた紙ウェスでリードを掃除する

2.2.4 ストレスレリーフの形成

1. 部品の定格表示面を上にし、精密プライヤまたはラジオペンチの先端部分でリードの最も部品側を2本まとめて挟む

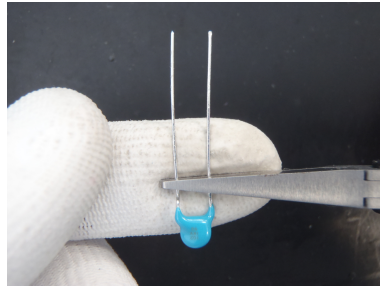


図 29: リードを精密プライヤで挟む

2. 2本のリードを直角上方に曲げる



図 30: リードを直角に曲げる

3. 直角上方に曲げたリードの根本を2本まとめて精密プライヤの先端で挟む
4. リード1本の先端を持ち、プライヤ先端の形状を利用し180° U字に曲げる



図 31: ストレスレリーフをつくる 1

5. もう一本のリードも同じように曲げる



図 32: ストレスレリーフをつくる 2

6. リードが基板に垂直になるように、リードをスルーホールに挿入し、部品をマスキングテープで固定する

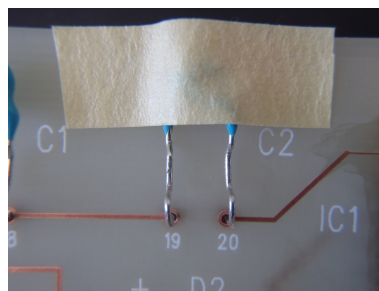


図 33: 部品をマスキングテープで固定する

7. AWG-22 の電線を定規にして、リードを切断する

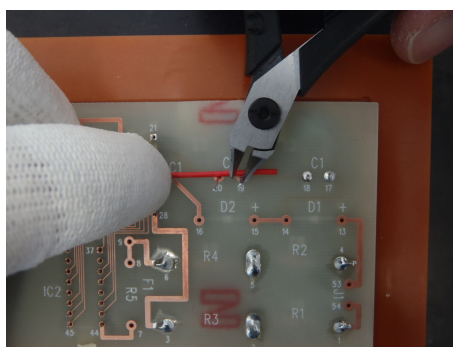


図 34: リードを切断する

2.2.5 はんだ付け

1. こて先をクリーニングする
2. こて先をスルーホール近辺のリードとパターンを同時に加熱できる場所へ当てる
3. このとき、こて先と基板の角度は45°を基準とするが、パターンとリードの熱容量を想像しながら調整する
4. こて先にごく少量の糸はんだを供給し、ヒートブリッジをつくる
5. （スルーホールにはんだを流し込む）
6. リードの切り口に糸はんだを供給し、“赤目”をつぶす
7. こて先から最も遠いランド外周部（ランドの奥）に糸はんだを供給し、溶融はんだの量を確認しながら、糸はんだを手前に移動し引く
8. フィレットが形成されるまで、一呼吸待ち、こて先を手前に引く
9. こて先保護のため、こて先に少量のはんだを溶かしてから、こて台に戻す

2.2.6 フラックスの洗浄

クリンチ実装と同様に洗浄する。

2.2.7 外観検査

ステレオ顕微鏡（10倍）を使い、いろいろな角度から立体的に観察し、良否判定を行うこと。

2.3 ストレート実装 (DIP IC)

2.3.1 安全上の注意

- 作業時は保護眼鏡を着用のこと

2.3.2 フラックスの塗布

フローアップを促進する目的で、スルーホールの部品面にフラックスを塗布する

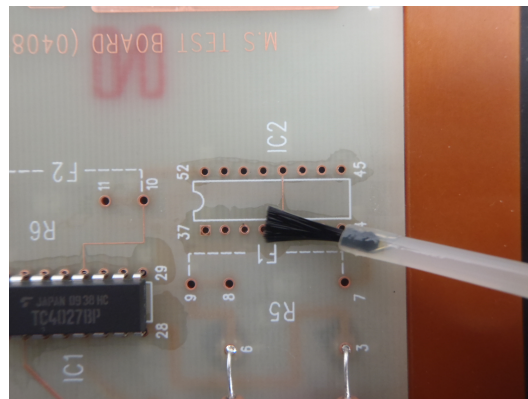


図 35: フラックスの塗布

2.3.3 リードの成形

DIP ライナーで、開いているリードを平行に成形する。



図 36: リードの成形

2.3.4 DIP IC の挿入

1. IC の挿入方向を確認の上、基板に挿入する
2. マスキングテープで IC を固定する

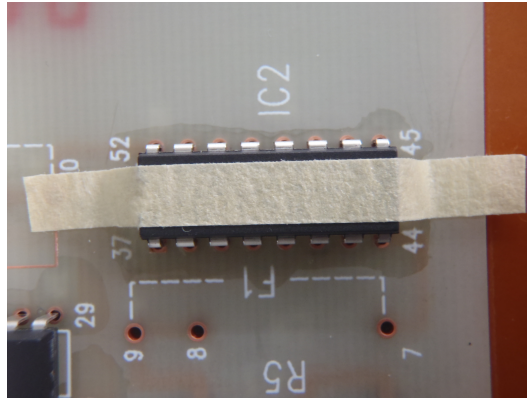


図 37: マスキングテープで IC を固定

2.3.5 仮付け

1. DIP IC の対角に位置するリードの片方をごく少量のはんだで、仮付けする
2. 1 つのリードを仮付けしたら、部品の浮きや傾きがないことを確認する
3. 最初に仮付けした対角のリードをごく少量のはんだで、仮付けする

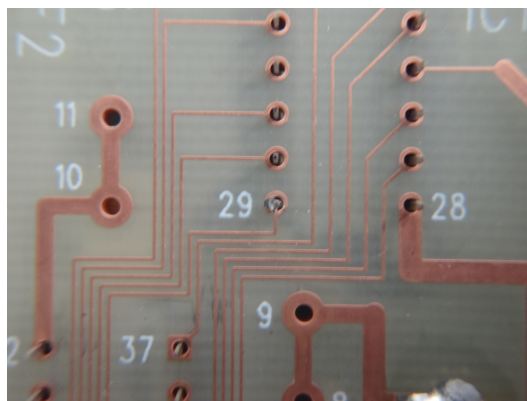


図 38: 仮付け

2.3.6 本付け

1. DIP IC の長手方向を縦（奥と手前）に配置する
2. こて先をクリーニングする
3. こて先をスルーホール近辺のリードとパターンを同時に加熱できる場所へ当てる
4. このとき、こて先と基板の角度は 45°を基準とするが、パターンとリードの熱容量を想像しながら調整する
5. こて先にごく少量の糸はんだを供給し、ヒートブリッジをつくる
6. リードの先端に糸はんだを供給し、”赤目”をつぶす
7. こて先をあてた反対側のリード側に糸はんだを供給し、スルーホールへ適正な量のはんだを流し込む
8. 糸はんだとこて先を同時に上方へ引く

2.3.7 フラックスの洗浄

クリンチ実装と同様に洗浄する

2.3.8 外観検査

ステレオ顕微鏡（10倍）を使い、いろいろな角度から立体的に観察し、良否判定を行うこと。

参考文献

- [1] 社団法人 日本溶接協会 マイクロソルダーリング教育委員会:Q & A方式による マニュアルソルダーリングの基礎, 社団法人 日本溶接協会（2007）